KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

HAMBATAN PENGEBORAN DAN PEMANCINGAN



PK.TEKNIK PENGEBORAN MIGAS
HAMBATAN PENGEBORAN DAN PEMANCINGAN

DIREKTORAT PENDIDIKAN MENENGAH KEJURUAN

DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN DASAR DAN MENENGAH

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

TAHUN 2013

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didikserta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagaibahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta.

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajianbuku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

DAFTAR ISI

BAB I
HAMBATAN DALAM PEMBORAN DAN PEMANCINGAN

1. PENDAHULUAN

Perencanaan sumur merupakan suatu hal yang sangat penting dalam persiapan program pemboran. Untuk itu, diperlukan berbagai macam prinsip-prinsip teknik disamping faktor pelaksanaan dan pengalaman. Walaupun suatu metode perencanaan sumur sudah dipraktekkan, tetapi masih memungkinkan terjadinya perubahan sejalan dengan pelaksanaan pemboran itu sendiri, dan pada akhirnya semuanya harus memperhatikan beberapa faktor, yaitu : keamanan, minimisasi biaya pemboran, dan metoda produksi yang digunakan.

Dalam suatu perencanaan sumur akan melibatkan berbagai disiplin keahlian, yaitu para ahli yang berpengalaman dalam bidang pemboran yang dapat memadukan semua aspek pemboran secara baik. Mereka menggunakan perlengkapan maupun piranti teknik, seperti komputer dan beberapa alat bantu lainya dalam merencanakan sumur.

Dalam merencanakan sumur seorang *drilling engineer* harus dapat berperan sebagai seorang detektif seperti “*Sherlock Holmes*” yang mampu melihat karakter dan aspek perencanaan dalam usaha untuk menemukan tempat atau area yang terdapat masalah.

1.1. Perencanaan Sumur

Dalam perencanaan sumur diperlukan beberapa variabel sebagai berikut :

- Keamanan (safety)
- Biaya minimum (minimum cost)
- Manfaat lobang (usable hole)

Pada kenyataannya tidak selalu faktor-faktor di atas terdapat pada setiap sumur, karena adanya kendala-kendala yang terkait dengan masalah geologi dan peralatan pemboran, seperti tekanan, temperatur, keterbatasan ukuran casing, ukuran lubang bor, mapun anggaran.

1.2. Keamanan (Satety)

Faktor keamanan harus mendapat prioritas yang paling tinggi dalam perencanaan program pemboran. Pertimbangan manusia harus ditempatkan diatas seluruh aspek. Dalam pelaksaanaan pemboran, perencanaan sumur dapat dirubah, jika sampai terjadi problem pemboran yang akan membahayakan para pekerja. Kegagalan faktor keamanan ini dapat mengakibatkan kematian, kebakaran, dan cacat pada individu. .

Prioritas selanjutnya dalam segi keamanan yang harus selalu diperhatikan adalah perencanaan pemboran harus didesain agar dapat meminimalkan resiko terjadinya semburan liar (blow-out) dan faktor kemungkinan terjadi problem pemboran (hole problems). Desain ini harus berdasarkan pada sumber data yang terkait dalam perencanaan sumur.

1.3. Biaya Minimum.

Dalam perencanaan sumur diusahakan untuk menekan biaya sekecil mungkin, tanpa mengabaikan aspek keamanan. Pada banyak kasus, biaya dapat di sesuaikan pada batas-batas tertentu dalam usaha perencanaan (Gambar-1). Hal Ini bukan berarti membangun “Monumen baja” untuk faktor keamanan jika biaya tambahan tidak diperlukan. Pada sisi lain,uang harus di keluarkan untuk membangun sistem keamanan.

1.4. Usable Hole (Manfaat Lubang Bor)

Lubang bor yang mencapai target kedalaman tidak selalu sesuai seperti yang di harapkan. Jika sumur yang dihasilkan pada akhirnya tidak sesuai dengan konfigurasi, maka sumur tersebut tidak dapat dilakukan komplesi dan akibatnya sumur tersebut tidak dapat diproduksikan (gagal).

Untuk itu, istilah “usable” tersebut harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- Ukuran diameter lubang bor sesuai dengan komplesi sumur yang akan dilakukan.
- Formasi produksi tidak mengalami kerusakan yang tidak dapat di perbaiki.
- Perencanaan sumur akan sukar dicapai, jika dijumpai adanya tekanan abnormal, sumur dalam yang mengalami problem geometri sumur ataupun lumpur .

1.5. Klasifikasi Tipe Sumur

Seorang drilling engineer dalam membuat perencanaan pemboran harus memahami tentang tipe-tipe sumur, yaitu :

- Sumur wildcat
- Sumur eksplorasi
- Sumur delinias
- Sumur infill
- Sumur reentry

Pada umumnya untuk sumur wildcat memerlukan perencanaan yang lebih rumit dibandingkan dengan tipe lainnya. Sedangkan untuk sumur infill dan reentry memerlukan perencanaan yang lebih sederhana.

Perencanaan pemboran sumur wildcat hanya dengan menggunakan sedikit data geologi. Sumur wildcat adalah merupakan sumur yang sangat mahal, karena bersifat “gambling” dalam penentuan titik sumur. Sedangkan untuk berbagai pemboran untuk sumur-sumur pengembangan dapat di gunakan data dari beberapa sumber yang tersedia.

1.6. Tekanan Formasi

Tekanan formasi (tekanan pori) adalah tekanan yang dijumpai pada sumur dan sangat berpengaruh dalam perencanaan sumur. Tekanan formasi dapat dikategorikan normal, abnormal (tekanan tinggi) atau tekanan subnormal (tekanan rendah).

Tekanan normal biasanya tidak mendatangkan masalah dalam perencanaan sumur, dan berat lumpur yang digunakan berkisar 8,5 - 9,5 lb/gal.

Pencegahan kick dan blouw-out dapat diminimalkan, tetapi tidak boleh di hilangkan sama sekali. Pada kondisi tekanan normal diperlukan casing yang dapat menahan tekanan tersebut, maupun tekanan normal pada sumur-sumur dalam dengan kedalaman lebih dari 20.000 ft karena adanya pembebanan tension/collapse.

Sumur-sumur yang bekanan subnormal diperlukan casing tambahan untuk melindungi zona lemah atau formasi yang bertekanan rendah. Tekanan yang lebih rendah dari tekanan normal ini dihasilkan dari faktor geologi atau tektonik atau dari hilangnya tekanan (pressure depletion) pada interval produksi.

Tekanan abnormal mempengaruhi perencanaan sumur, yaitu meliputi :

- Casing and tubing design
- Penentuan densitas dan jenis lumpur
- Casing setting depth selection
- Perencanaan semen

Berikut adalah masalah-masalah yang harus dipertimbangkan akibat adanya formasi yang bertekanan tinggi (abnormal) :

- Kick dan blowout
- Terjadinya defferential pressure dan terjepitnya pipa
- Hilang lumpur atau circulation akibat lumpur terlalu berat
- Heaving shale

Karena kesulitan yang berkaitan dengan perencanaan sumur eksplorasi yang bertekanan tinggi, maka kriteria desain, studi detail daerah, dan berbagai usaha

harus dijustifikasi. Seorang drilling engineer harus mampu membatasi permasalahan dalam merencanakan parameter-parameter yang terkait dengan perencanaan sumur seperti deliniasi ataupun infill.

1.7. Perencanaan Biaya

Biaya yang diperlukan untuk perencanaan sumur disesuaikan sebagai perbandingan dari biaya pemboran sebenarnya. Pada banyak kasus, kurang dari US$1.000 dikeluarkan untuk perencanaan sebuah sumur yang bernilai US$1 juta, hal ini berarti merepresentasikan 1/10 dari 1% biaya pemboran.

Sering kali hasil akhirnya adalah merupakan biaya pemboran yang melebihi jumlah yang diperlukan. Untuk itu, diusahakan mengurangi data-data yang tidak terlalu penting. Meskipun data yang baik biasanya dapat diperoleh dengan biaya kurang dari US$ 2,000 – US$ 3,000 per prospek, beberapa perencanaan sumur tanpa pengetahuan tentang kemungkinan terjadinya problem pemboran.

Kurangnya pengeluaran biaya pada tahap awal dalam proses perencanaan sumur hampir selalu menimbulkan biaya pemboran menjadi lebih tinggi dari perkiraan.

1.8. Proses Perencanaan Sumur

Perencanaan sumur adalah merupakan suatu proses pekerjaan yang sistematis dan urut. Hal ini memerlukan banyak aspek perencanaan yang dikembangkan sebelum mendisain item-item lainnya. Sebagai contoh, perencanaan densitas lumpur harus dilakukan sebelum pembuatan program casing, karena densitas lumpur akan berpengaruh terhadap pembebanan pada pipa.

Program bit dapat dilakukan kapan saja dalam perencanaan sumur setelah historical data dievaluasi. Program bit biasanya berdasarkan pada parameter-parameter pemboran dari sumur-sumur sebelumnya. Tetapi, pemilihan bit dapat dipengaruhi oleh perencanaan lumpur, seperti performance PDC dalam oil based mud.

Selain itu, ukuran bit juga ditentukan berdasarkan ukuran diameter casing yang diperlukan.

BAB II
PERSIAPAN OPERASI PEMBORAN

Dalam operasi pemboran, peralatan pemboran yang digunakan dapat dikelompokkan menjadi 5 sistem, yaitu :

1. Sistem Pengangakatan (Hoisting System)
2. Sistem Pemutar (Rotating System)
3. Sistem Sirkulasi (Circulating System)
4. Sistem Tenaga (Power System)
5. Sistem Pencegah Semburan Liar (BOP System)

Kelima sistem tersebut diatas mempunyai hubungan yang erat antara satu dengan yang lain. Dengan kata lain, bahwa kerja sistem-sistem tersebut berlangsung pada waktu yang bersamaan.

Operasi pemboran adalah merupakan suatu kegiatan yang terpadu dengan kegiatan-kegiatan lainnya dalam industri perminyakan.

Pada masa sekarang, operasi pemboran dapat dilaksanakan baik di darat (on-shore) maupun di lepas pantai (off-shore). Peralatan yang digunakan untuk operasi pada kedua tempat tersebut pada prinsipnya sama, perbedaannya adalah tempat untuk menempatkan menara (rig) serta perlengkapannya.

Tahap Persiapan Operasi Pemboran ini meliputi :

1. Persiapan tempat
2. Pengiriman peralatan ke lokasi
3. Penunjukan pekerja
4. Persiapan rig dan pendiriannya.
5. Peralatan penunjang dan pemasangannya
6. Persiapan akhir.

2.1 Persiapan Tempat

Pada tahap persiapan tempat ini, terdiri dari beberapa tahapan, yaitu :

a. Pembuatan sarana transpotasi
b. Pembutan kolam cadangan (reserveν pit)
c. Persiapan lubang bor (Cellar)
d. Memasang Conductor Pipe
e. Penyediaan air
f. Pengiriman Peralatan ke Lokasi
g. Pengiriman peralatan melalui darat
h. Pengiriman peralatan melalui air
i. Pengiriman peralatan melalui udara
j. Penunjukan Pekerja

Dalam pelaksanaan operasi pemboran, kebutuhan personil yang berpengalaman adalah merupakan kebutuhan mutlak yang harus dipenuhi. Personil-personil tersebut terdiri dari kru kontraktor pemboran dan kru perusahaan jasa (service company).

Kebutuhan personil tersebut adalah sebagai berikut :

1. Company man
2. Tool pusher
3. Driller
4. Derrickman
5. Rotary helper
6. Motor man
7. Rig mechanic
8. Rig electrician
9. Mud engineer
10. Mud logger
11. Casing and cementing crew

2.2 Mendirikan Rig

Pengiriman unit rig ke lokasi pemboran biasanya berupa bagian-bagian (modul-modul). Kontraktor pemboran dan kru-nya dengan menggunakan mesin derek segera memulai pemasangan dan pendirian menara bor atau rig ("rigging up").

Peralatan Penunjang dan Pemasangannya

Dengan selesainya pendirian rig, tahap berikutnya adalah mulai memasang peralatan-peralatan penunjang. Peralatan penunjang ini biasanya dikirim dengan truck, tetapi untuk bebarapa komponen yang besar, seperti mud pump biasanya dikirim dengan truck yang dilengkapi dengan mesin derek atau dengan menggunakan flat bed truck.

Dengan telah siapnya peralatan penunjang, kru pemboran dengan tugasnya masing-masing mulai menyambung bagian-bagian dari berbagai peralatan yang terangkai menjadi suatu sistem dari rotary drilling yang siap untuk melaksanakan operasi pemboran. Material pemboran, seperti bahan-bahan lumpur pemboran, dan peralatan-peralatan lainnya seperti drill pipe, drill collar, tool joint juga diatur pada tempat yang telah tersedia.

Pada dasarnya persiapan tahap "rigging up" ini dapat dikatakan mendekati penyelesaian, sehingga lokasi pemboran tersebut telah berubah menjadi suatu komplek rotary drilling yang modern.

2.3 Persiapan Akhir

Persiapan akhir ini meliputi 2 hal pokok, yaitu :

1. Persiapan Lumpur Pemboran, kru pemboran mulai mempersiapkan lumpur pemboran untuk circulating system. Pada umumnya pada saat pelaksanaan pemboran surface hole, tekanan formasi pada trayek ini relatif kecil, sehingga cukup digunakan air tawar.
2. Pengecekan Komponen-komponen Sistem Pemboran, persiapan akhir untuk memulai pemboran kini sudah hampir mendekati penyelesaian. Persiapan akhir

ini termasuk pengecekan untuk kedua kalinya dari setiap komponen sistem pemboran yang ada pada sistem rotary drilling.

Pengecekan sistem pemboran tersebut meliputi :

- Sistem Pengangkatan (Hoisting System)
- Sistem Pemutar (Rotating System)
- Sistem Sirkulasi (Circulating System)
- Sistem Tenaga (Power System)
- Sistem Pencegah Semburan Liar (BOP System)

Setelah tahap persiapan akhir telah selesai, maka operasi pemboran dapat dilaksanakan baik untuk membor sumur minyak atau gas.

BAB III
LUMPUR PEMBORAN

Lumpur pemboran merupakan faktor yang penting dalam operasi pemboran. Kecepatan pemboran, efisiensi, keselamatan dan biaya pemboran sangat tergantung dari lumpur pemboran yang dipakai.

Lumpur pemboran diperkenalkan pertama kali dalam pemboran putar pada sekitar awal tahun 1900. Pada mulanya orang hanya menggunakan air untuk mengangkat serbuk bor (cutting) secara kontinyu. Kemudian dengan berkembangnya teknologi pemboran, lumpur mulai digunakan, dan fungsi lumpur menjadi semakin komplek dan untuk memperbaiki sifat-sifat lumpur tersebut ditambahkan bahan-bahan kimia (additive).

3.1 Fungsi Lumpur Pemboran

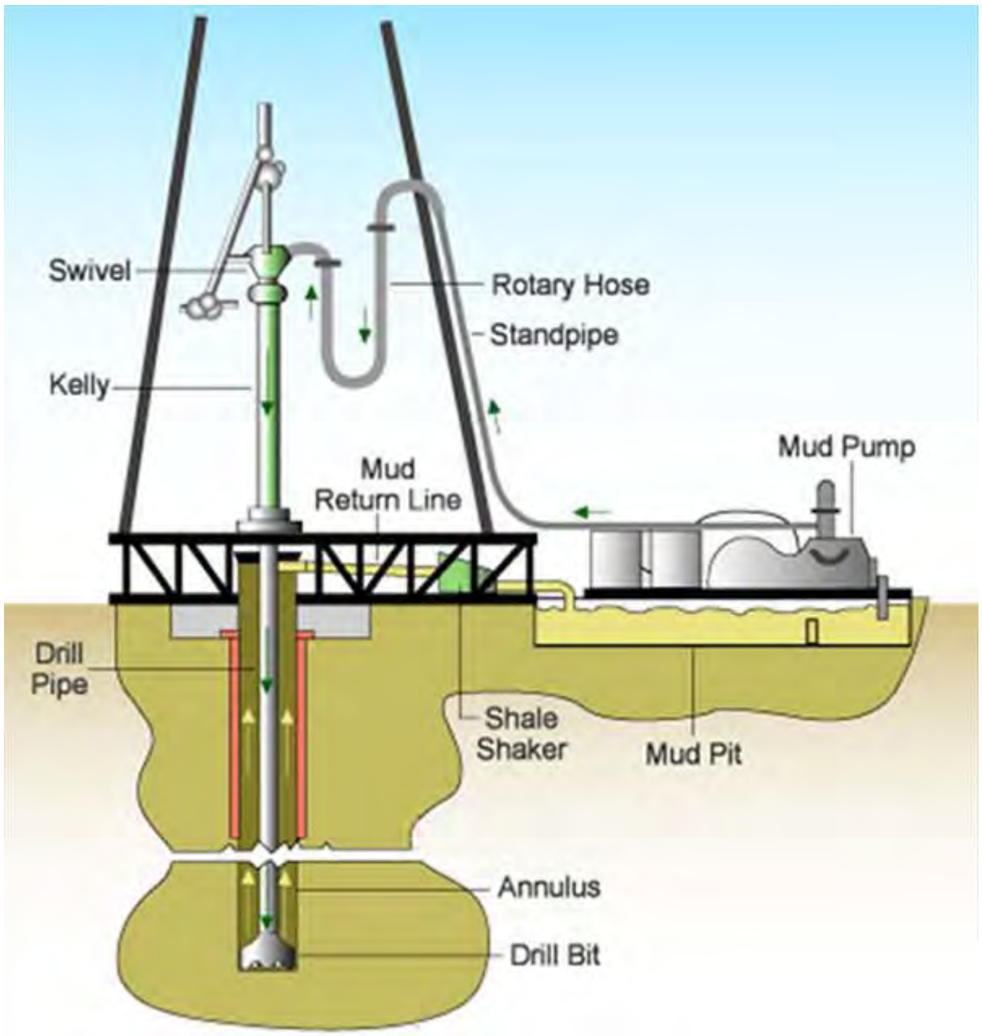
Fungsi utama lumpur pemboran adalah :

1. Mengangkat serbuk bor ke permukaan
2. Mengontrol tekanan formasi
3. Mendinginkan serta melumasi pahat dan drillstring
4. Membersihkan dasar lubang bor
5. Membantu dalam evaluasi formasi
6. Melindungi formasi produktif
7. Membantu stabilitas formasi

3.1.1 <u>Mengangkat Serbuk Bor ke Permukaan</u>

Serbuk bor yang dihasilkan pada waktu operasi pemboran harus segera diangkat ke permukaan agar tidak terjadi penumpukan serbuk bor di dasar lubang. Kapasitas pengangkatan serbuk bor tergantung dari beberapa faktor, antara lain : kecepatan aliran di anulus, viskositas plastik, yield point lumpur pemboran dan slip velocity dari serbuk bor yang dihasilkan.

Secara umum, resultan kecepatan (atau kecepatan pengangkatan) serbuk bor adalah merupakan perbedaan antara kecepatan di anulus, Vr, dan slip velocity, Vs. Dengan menggunakan power-law model, slip velocity serbuk bor dapat dihitung dengan persamaan.(rumus)

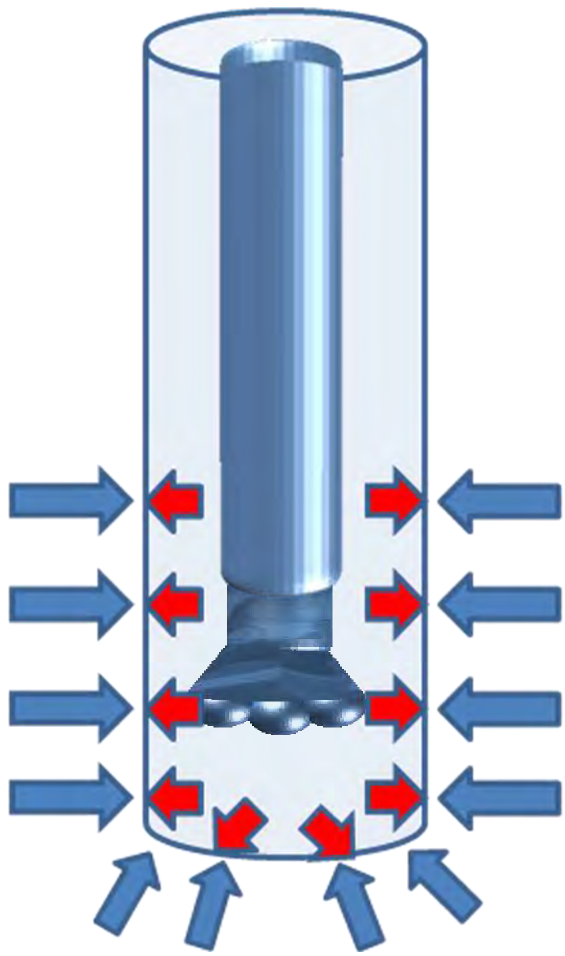


Gambar ; Sistem Sirkulasi

3.1.2 <u>Mengontrol Tekanan Formasi</u>

Untuk keselamatan pemboran, tekanan formasi yang tinggi juga harus diimbangi dengan tekanan hidrostatik lumpur yang tinggi, sehingga tekanan hidrostatik lumpur lebih besar dari tekanan formasi. Secara efektif perbedaan anatara tekanan

hidrostatik lumpur dengan tekanan formasi (overbalance pressure) harus sama dengan nol, tetapi dalam praktek harganya sekitar 100 - 200 psi. Untuk mengontrol tekanan formasi tersebut dilakukan dengan mengatur berat (densitas) lumpur.



Gambar ; Lumpur menahan tekanan formasi

3.1.3 Mendinginkan serta melumasi pahat dan drillstring

Perputaran pahat dan drillstring terhadap formasi akan menghasilkan panas, sehingga dapat mempercepat keausan pahat dan drillstring. Selain panas yang ditimbulkan akibat gesekan juga panas yang berasal dari formasi itu sendiri, dimana semakin dalam formasi yang dibor, temperatur juga semakin tinggi. Dengan adanya lumpur pemboran, maka panas tersebut dapat ditransfer keluar dari lubang bor.

Lumpur pemboran dapat membantu mendinginkan drillstring dengan menyerap panas dan melepaskannya, melalui proses konveksi dan radiasi, pada udara di sekitar mud pit. Lumpur pemboran juga dapat melumasi pahat dan drillstring dengan menurunkan friksi drillstring dan pahat dengan formasi yang ditembus. Untuk mendapatkan pelumasan yang lebih baik pada umumnya dapat ditambahkan sedikit minyak kedalam lumpur.

3.1.4 Membersihkan Dasar Lubang Bor

Secara umum, pembersihan dasar lubang bor dilakukan dengan menggunakan fluida yang encer pada shear rate tinggi saat melewati nozzle pada pahat. Ini berarti bahwa fluida yang kental kemungkinan besar dapat digunakan untuk membersihkan lubang bor, jika fluida tersebut mempunyai sifat shear thinning yang baik. Dan pada umumnya, fluida dengan kandungan padatan (solid content) yang rendah merupakan fluida yang paling baik untuk membersihkan dasar lubang bor.

3.1.5 Membantu Dalam Evaluasi Formasi

Sifat fisik dan kimia lumpur pemboran berpengaruh terhadap program well logging. Pada saat tertentu diperlukan informasi tentang kandungan hidrokarbon, batas air-minyak, dan lainnya untuk korelasi, maka dilakukan well logging, yaitu memasukkan sonde/alat kedalam sumur, misalnya log listrik, maka diperlukan media penghantar, dalam hal ini lumpur merupakan penghantar listrik. Sebagai contoh, lumpur dengan kadar garam yang tinggi akan menghambat pengukuran spontaneous potensial (SP) karena konsentrasi garam dari lumpur dan formasi hampir sama. Disamping itu, oil mud akan menghambat resistivitas karena minyak akan bertindak sebagai insulator dan dapat mencegah terjadinya aliran listrik. Oleh karena itu, pemilihan lumpur pemboran harus sesuai dengan program evaluasi formasi.

3.1.6 Melindungi Formasi Produktif

Perlindungan formasi produktif sangat penting. Oleh karena itu, pengendapan mud cake pada dinding lubang bor dapat mengijinkan operasi pemboran terus berjalan

dan tidak menyebabkan kerusakan formasi produktif. Kerusakan formasi produktif biasanya akan menurunkan permeabilitas disekitar lubang bor.

3.1.7 Membantu Stabilitas Formasi

Pada lubang bor sering dijumpai adanya problem stabilitas yang disebabkan oleh fenomena geologi, seperti zona rekahan, formasi lepas, hidrasi clay, dan tekanan tinggi. Lumpur pemboran harus mampu mengontrol problem-problem tersebut, sehingga lubang bor tetap terbuka dan proses pemboran dapat terus dilanjutkan. Perencanaan sistem lumpur untuk menjaga stabilitas lubang bor sering digunakan sebagai basis untuk pemilihan jenis dan sifat lumpur.

3.2 Komposisi Lumpur Pemboran

Secara umum lumpur pemboran terdiri dari tiga komponen atau fasa pembentuk sebagai berikut :

8. Fasa cair (air atau minyak)
9. Fasa padat (reactive solids dan inert solids)
10. Bahan kimia (additive)

3.2.1. Fasa cair

Fasa cair lumpur pemboran pada umumnya dapat berupa air, minyak, atau campuran air dan minyak. Air dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu air tawar dan air asin. Air asin juga dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu air asin tidak jenuh dan air asin jenuh. Sekitar 75% lumpur pemboran menggunakan air, karena mudah didapat, murah, mudah dikontrol jika terdapat padatan-padatan (solid content) dan merupakan fluida yang paling baik sebagai media penilaian formasi. Istilah oil-base muds digunakan jika kandungan minyaknya lebih besar dari 95%. Sedangkan emulsion muds mempunyai komposisi minyak 50 - 70% (sebagai fasa kontinyu) dan air 30 - 50% (sebagai fasa diskontinyu).

3.2.2. Fasa padat (solids)

Fasa padat dibagi dalam dua kelompok, yaitu padatan dengan berat jenis rendah dan padatan dengan berat jenis tinggi. Padatan berat jenis rendah dibagi menjadi dua, yaitu Non-reactive solid (inert solid) dan Reactive solid.

3.2.3. Reactive Solid

Reactive solid adalah clay, merupakan padatan yang dapat bereaksi dengan air, membentuk koloid. Clay dapat didefinisikan sebagai berikut :

Padatan dengan diameter kurang dari 2 :

- Partikel yang bermuatan listrik dan mampu menyerap air
- Material yang dapat mengembang (swelling) jika menyerap air

Clay (atau low-gravity reactive solid) ditambahkan ke dalam air agar diperoleh sifat-sifat fisik seperti viskositas dan yield point yang diperlukan untuk mengangkat serbuk bor atau untuk menjaga agar serbuk bor tidak mengendap pada saat tidak ada sirkulasi (lihat persamaan 1 dan 2). Mekanisme pembentukan viskositas dan yield point yang tinggi pengembangannya sangat komplek dan belum seluruhnya dapat difahami. Hal ini dihubungkan dengan struktur internal partikel-partikel clay dan gaya-gaya elektrostatik yang mempertahankannya jika clay terdispersi dalam air.

Pada dasarnya ada dua jenis clay yang digunakan dalam pembuatan water-base mud, yaitu :

a) Bentonitic clay (gel) ; adalah merupakan anggota dari kelompok clay montmorillonite (smectite), dan hanya dapat digunakan dengan air tawar, karena baik viskositas maupun yield point tidak dapat terbentuk pada air asin. Bentonit yang ada di pasaran bukan merupakan sodium montmorillonite murni, tetapi mempunyai kandungan sodium montmorillonite sekitar 60 -70%. Sodium montmorillonte adalah merupakan material yang berbentuk plat-plat seperti lembaran-lembaran buku. Plat-plat tersebut sangat tipis dengan ukuran partikel. Bentonit menyerap air tawar pada permukaanμkurang dari 0.1 partikel-partikelnya, sehingga dapat menaikkan volumenya sampai 10 kali atau lebih, yang disebut "swelling" atau "hidrasi". Besarnya swelling yang terjadi dapat dilihat

dengan meningkatnya kekentalan atau viskositas lumpur, yang tergantung dari luas permukaan dan total jumlah air yang diserap oleh clay.

b) Attapulgite (salt gel) ; adalah merupakan anggota dari kelompok clay palygorskite, dan hanya dapat mengasilkan viskositas dan yield point yang tinggi baik pada air tawar maupun air asin. Salt water clay (attapulgite), akan terjadi swelling jika dimasukkan dalam air asin.



Gambar ; Lumpur pemboran

BAB IV
TEKANAN FORMASI DAN GRADIEN REKAH

4.1 Pendahuluan

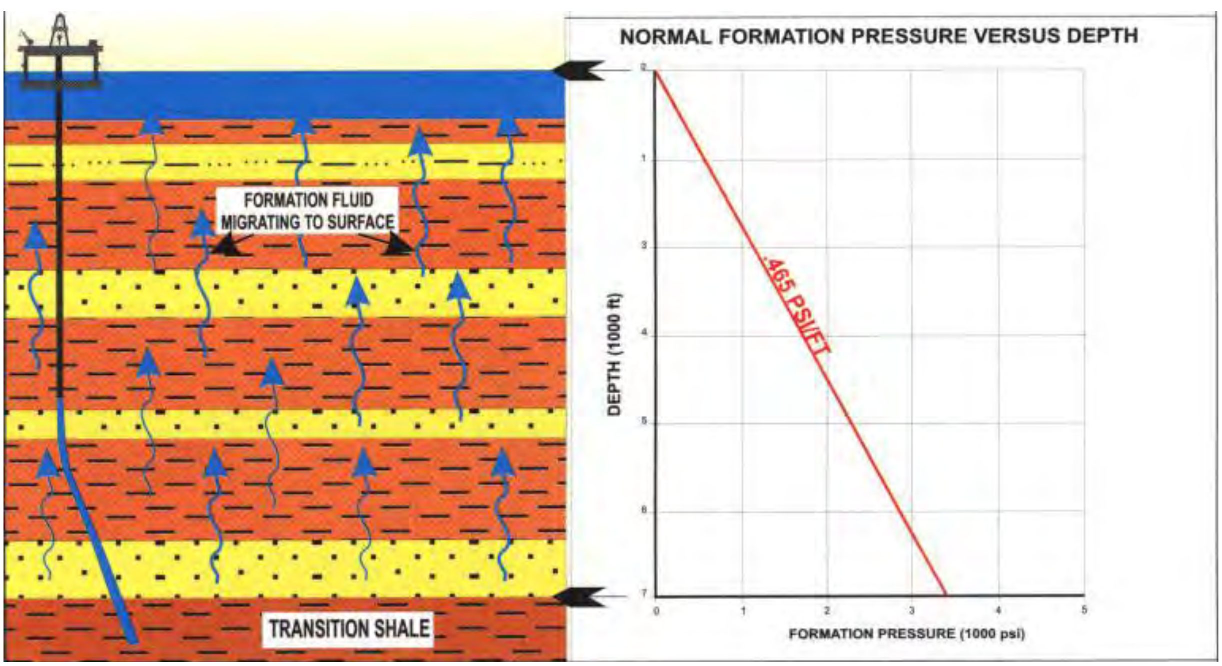
Pengetahuan tentang tekanan formasi (tekanan pori) adalah merupakan hal yang sangat penting, karena tekanan formasi sangat berpengaruh terhadap casing design, densitas lumpur, laju penembusan, problem pipa terjepit dan well control. Perkiraan dan penentuan zona yang bertekanan tinggi sangat penting karena adanya resiko terjadinya blowout (semburan liar). Pada umumnya air asin yang terperangkap pada zona-zona yang berasosiasi dengan lapisan shale yang tebal terbebaskan selama proses sedimentasi berlangsung. Fenomena ini akan dijelaskan pada pembahasan berikutnya.

Proses kompaksi dapat digambarkan dengan sebuah model sederhana yaitu berupa sebuah silinder yang berisi suatu fluida dan sebuah pegas (mewakili matriks batuan). Overburden stress dapat disimulasikan dengan menggunakan sebuah piston yang ditekan kebawah pada silinder.

Jika tekanan overburden bertambah (karena proses sedimentasi terus berlangsung) maka beban tambahan tersebut harus ditahan oleh matriks dan fluida dalam pori. Pada formasi dimana fluida dapat bergerak bebas maka kenaikan beban harus ditahan oleh matriks, sedangkan fluida yang tersisa sebagai hidrostatik. Dalam kondisi tersebut maka tekanan formasi disebut Normal, dan nilainya proporsional terhadap kedalaman dan densitas fluida. Tetapi jika formasi tersebut tersekat sehingga fluida terperangkap, maka tekanan fluida tersebut akan bertambah diatas harga hidrostatik. Kondisi ini disebut sebagai Overpressure (yaitu bagian dari beban overburden ditransfer dari matriks ke fluida yang mengisi ruang pori). Luas bidang kontak antar butir tidak dapat bertambah karena hadirnya air yang tidak kompresibel, maka pertambahan beban tersebut akan ditransfer ke fluida, sehingga tekanan pori naik.

4.2 Tekanan Formasi Normal

Jika perlapisan sedimen terendapkan di dasar laut, maka butir-butir sedimen tersebut akan terkompaksi satu dengan yang lain, sehingga air akan terperas dari dalam ruang pori. Jika proses tersebut tidak terganggu, dan air bawah permukaan masih tetap berhubungan dengan laut diatasnya melalui ruang pori yang saling berhubungan, maka akan menghasilkan tekanan hidrostatik. Gradien hidrostatik (psi/ft) nilainya bervariasi tergantung dari densitas fluida. Pada umumnya air asin di lapangan minyak mempunyai kadar mineral terlarut bervariasi antara 0 sampai 200.000 ppm. Sehubungan dengan hal itu, maka gradien hidrostatik nilainya bervariasi antara 0,433 psi/ft (air murni) sampai sekitar 0,50 psi/ft. Pada umumnya secara geografis gradien hidrostatik diambil sebesar 0,465 psi/ft (dengan asumsi kadar garam 80.000 ppm). Gradien ini menunjukkan tekanan normal. Sedangkan untuk setiap tekanan formasi yang nilainya diatas atau dibawah 0,465 psi/ft disebut tekanan abnormal (overpressured).



Gambar ; Formasi normal

Besarnya bulk density dari suatu batuan ditentukan oleh matriks dan air yang mengisi ruang pori.

atau

$$\phi = \frac{Vb - Vs}{Vb} = \frac{Vp}{Vb}$$

dimana ;

Vb = volume bulk density batuan berpori

Vs = volume densitas matriks

Vp = volume densitas fluida dalam ruang pori

ϕ = porositas

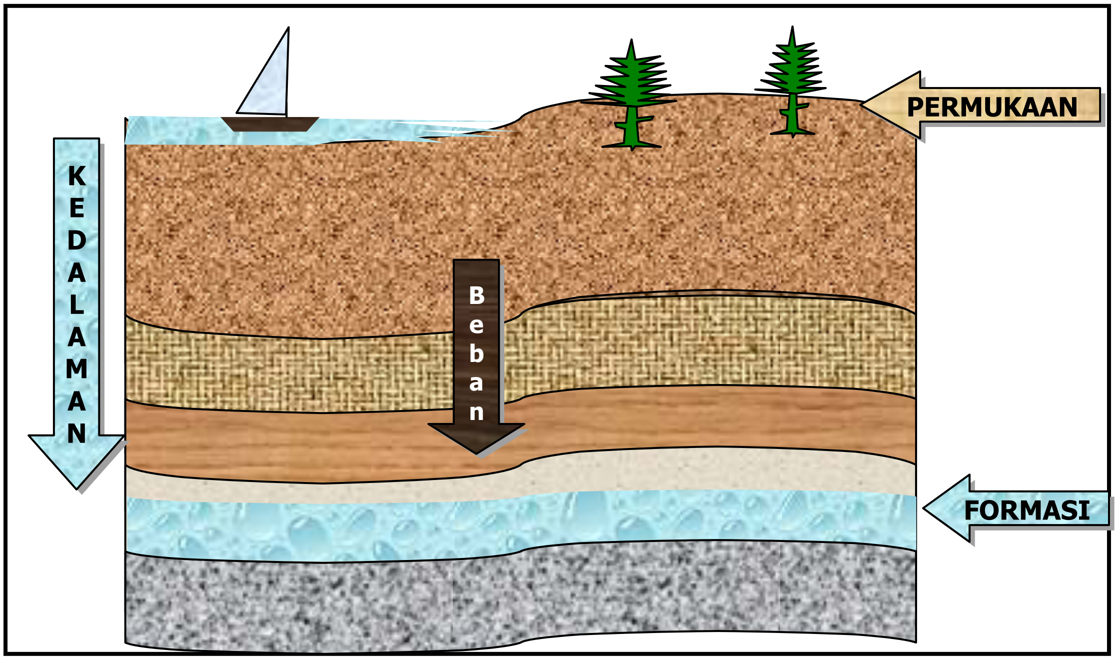
Karena litologi dan kadar fluida tidak konstan, maka bulk density nilainya akan bervariasi terhadap kedalaman.

Gradien overburden diturunkan dari tekanan yang dikenakan pada batuan diatas kedalaman tertentu.

Hal ini dapat dihitung dari spesific gravity yang bervariasi antara 2.1 (batupasir) sampai 2,4 (batugamping). Dengan menggunakan spesific gravity rata-rata = 2,3, maka gradien overburden dapat dihitung :

2,3 x 0,433 = 0,9959 psi/ft.

Pada umumnya untuk perhitungan nilai gradien overburden dibulatkan menjadi 1 psi/ft, dan gradien overburden juga sering disebut sebagai gradien geostatik. Harus diingat bahwa gradien overburden nilainya bervariasi terhadap kedalaman karena kompaksi dan perubahan litologi, sehingga nilainya tidak dapat dianggap konstan.



Gambar ; Gaya Overbourden

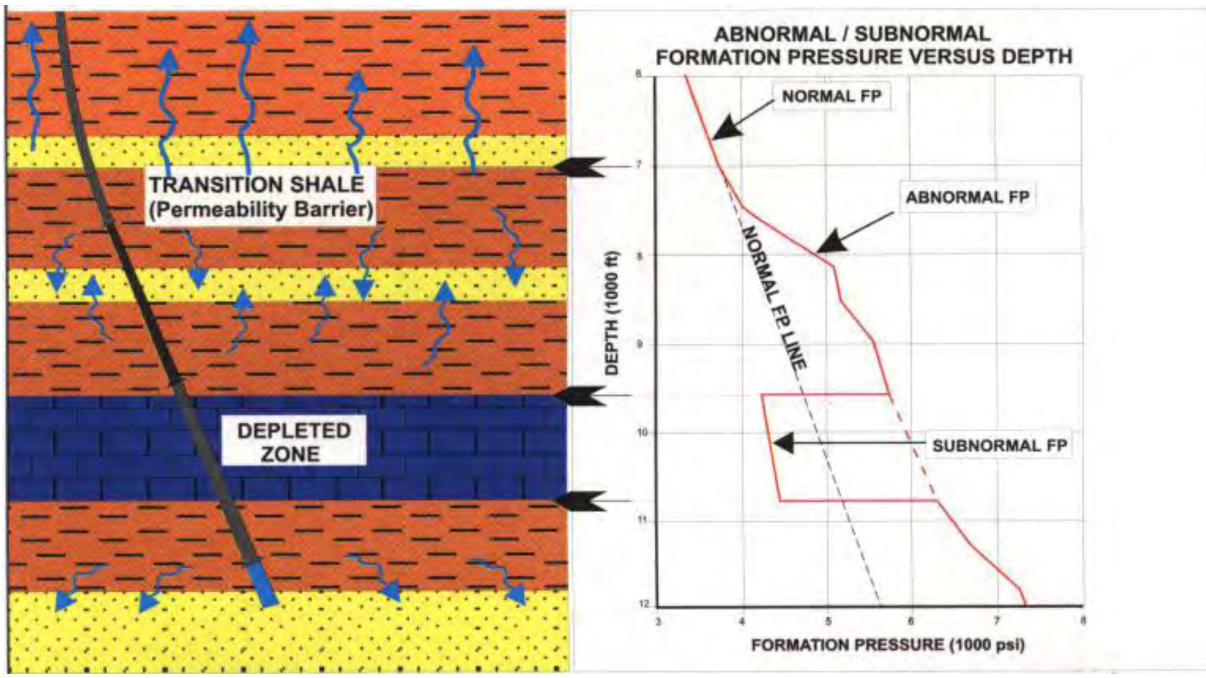
4.3 Tekanan Abnormal

Tekanan abnormal didifinisikan sebagai tekanan yang menyimpang dari gradien tekanan normal. Penyimpangan tersebut dapat Subnormal (kurang dari 0,465 psi/ft) atau Overpressured/Tekanan Abnormal (lebih besar dari 0,465 psi/ft). Secara umum tekanan subnormal jarang sekali dijumpai dan dapat menyebabkan masalah yang lebih sedikit jika dibandingkan dengan overpressure. Tekanan abnormal terjadinya sangat berkaitan erat dengan adanya sealing mechanism.

Penyekatan (sealing) mencegah adanya ketetimbangan tekanan yang terjadi dalam urutan proses geologi. Sekat (seal) terbentuk oleh adanya penghalang permeabilitas (permeability barrier) yang dihasilkan dari proses fisik maupun kimiawi.

Penyekat fisik (physical seal) dapat terbentuk dari efek gravitasi patahan selama proses pengendapan atau pengendapan dari bahan dengan ukuran butir yang lebih halus. Penyekat kimiawi (chemical seal) terbentuk karena adanya pengendapan kalsium karbonat, sehingga akan mengakibatkan terjadinya penghalang

permeabilitas rata-rata. Contoh lain dari adanya diagenesa kimia selama proses kompaksi adalah bahan organik. Baik proses fisika maupun kimia kemuanya akan menyebabkan terbentuknya penyekat, seperti proses pelarutan gypsum.



Gambar ; Formasi abnormal/subnormal

4.4 Tekanan Subnormal

Mekanisme terbentuknya tekanan subnormal (lebih kecil dari tekanan hidrostatik) dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Ekspansi Panas (Thermal Expansion)

Karena batuan sedimen dan fluida yang mengisi pori berada pada lingkungan yang dalam, dimana temperatur juga mengalami kenaikan, maka fluida akan mengembang. Hal ini akan menyebabkan penurunan densitas, dan akibatnya tekanan akan berkurang.

b. Formation Shortening

Selama proses kompresi berlangsung akan menyebabkan perlapisan batuan terlipat (bagian atas terlipat ke atas, sedangkan bagian bawah terlipat ke bawah), sehingga perlapisan bagian tengah akan mengembang, sehingga mengakibatkan terjadinya tekanan subnormal.

c. Deplesi

Jika hidrokarbon atau air diproduksikan dari formasi yang tidak mengalami efek subsidence, maka akan menyebabkan terjadinya tekanan subnormal. Hal ini sangat penting jika pemboran sumur dikembangkan pada reservoir yang telah lama diproduksikan. Sebagai contoh, gradien tekanan akuifer di salah satu lapangan minyak di Texas besarnya hanya 0,36 psi/ft.

d. Penguapan

Pada daerah kering, seperti di Timur Tengah batas water table dapat berada pada kedalaman ratusan meter dari permukaan, hal ini akan menurunkan tekanan hidrostatik.

Permukaan Potensiometrik

Permukaan potensiometris ini mengikuti relief formasi dan dapat menghasilkan baik tekanan subnormal maupun tekanan tinggi (overpressure). Permukaan potensiometris didefinisikan sebagaibatas ketinggian kenaikan air yang dibor dari aquifer yang sama. Permukaan potensiometris dapat berada ribuan foot diatas atau dibawah permukaan tanah.

e. Pergeseran Epirogenik

Perubahan elevasi dapat menyebabkan terjadinya tekanan abnormal pada formasi yang terbuka secara lateral, tetapi dibagian lainnya tersekat. Jika singkapan arahnya naik akan menghasilkan tekanan tinggi, dan jika arahnya ke bawah akan menghasilkan tekanan subnormal.

Perubahan tekanan jarang disebabkan oleh adanya perubahan elevasi saja, tetapi juga karena adanya proses erosi dan pengendapan. Adanya kehilangan atau pertambahan saturasi air pada batuan sedimen juga penting.

Batas besarnya tekanan subnormal kurang diperhatikan dalam praktek di lapangan.

4.5 Tekanan Formasi Abnormal (Overpressured Formation)

Ada beberapa formasi yang tekanan porinya lebih besar dibanding dengan kondisi “normal” (gradien 0,465 psi/ft). Tekanan formasi dapat diplot antara gradien hidrostatik dan gradien overburden (1 psi/ft). Beberapa contoh tekanan tinggi yang telah dilaporkan adalah :

1. Gulf Coast 0,8 - 0,9 psi/ft.
2. Iran 0,71- 0,98 psi/ft
3. North Sea 0,5 - 0,9 psi/ft
4. Carpathian Basin 0,8 - 1,1 psi/ft.

Dari data tersebut diatas terlihat bahwa tekanan abnormal dapat dijumpai di seluruh dunia. Mekanisme terbentuknya tekanan abnormal ada berbagai faktor, diantaranya adalah permukaan potensiometris dan penyusutan formasi (formation foreshortening).

Selain itu, mekanisme terbentuknya tekanan abnormal juga dapat disebabkan oleh :

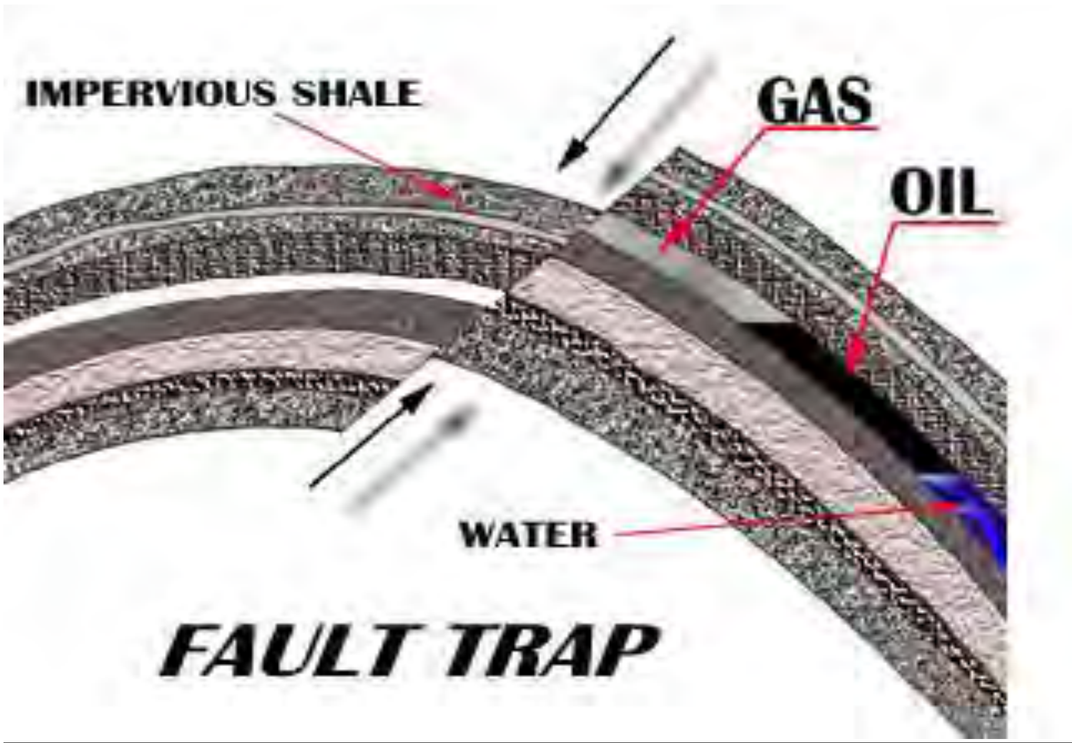
a. Kompaksi Sedimen yang tidak Sempurna

   Pada proses pengendapan clay atau shale yang sangat cepat, maka air yang terbebaskan sangat kecil. Pada kondisi normal porositas awal yang tinggi (+/- 50%) akan berkurang karena air terperas keluar melaui struktur pasir yang permeabel atau melalui penyaringan dari clay/shale itu sendiri. Jika proses sedimentasi terlalu cepat, sehingga tidak terjadi proses pembebasan air, akibatnya air akan terperangkap dan selanjutnya menahan tekanan overburden.

b. Patahan

   Patahan dapat merubah struktur batuan sedimen, sehingga zona permeabel berhadapan dengan zona impermeabel. Hal ini akan menyebabkan terjadinya

penghalang bagi aliran fluida, akibatnya air tidak dapat keluar dari shale dan selanjutnya akan menghasilkan tekanan abnormal.



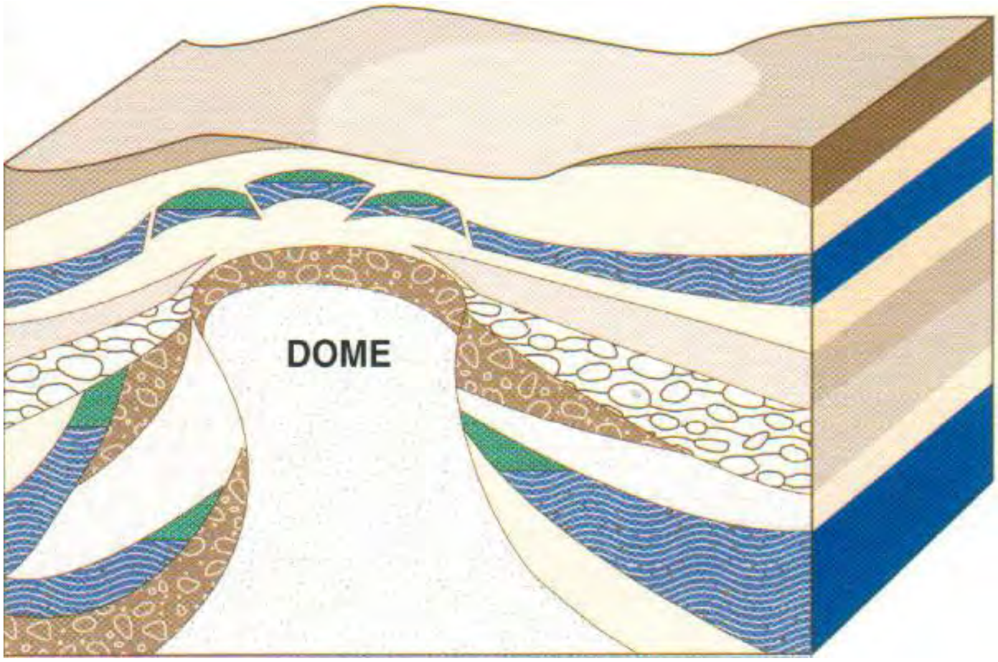
Gambar ; Formasi patahan

c. Perubahan Fasa Selama Proses Kompaksi

Mineral dapat mengalami perubahan fasa dengan naiknya tekanan, seperti gypsum + anhydrite + air bebas. Diperkirakan bahwa lapisan gypsum setebal 50 ft akan menghasilkan kolom air setinggi 24 ft. Sebaliknya anhydrite dapat terhidrasi pada kedalaman untuk menghasilkan gypsum dengan peningkatan volume sampai 40%. Transformasi montmorillonite menjadi illite juga akan melepaskan sejumlah air.

d. Deposisi Batu Garam Masif

Deposisi batu garam dapat terjadi karena batu garam bersifat impermeabel, sehingga fluida dalam formasi yang berada dibawahnya akan menghasilkan tekanan abnormal. Tekanan abnormal biasanya dijumpai pada zona-zona dibawah perlapisan batu garam.



Gambar ; Formasi salt dome

e. Salt Diaperism

Gerakan keatas dari kubah garam yang berdensitas rendah karena adanya efek apung (bouyancy) yang mengganggu perlapisan sedimen akan menghasilkan anoma;i tekanan. Garam juga dapat berfungsi sebagai penghalang (impermeable seal) terhadap pembebasan air dari clay secara lateral.

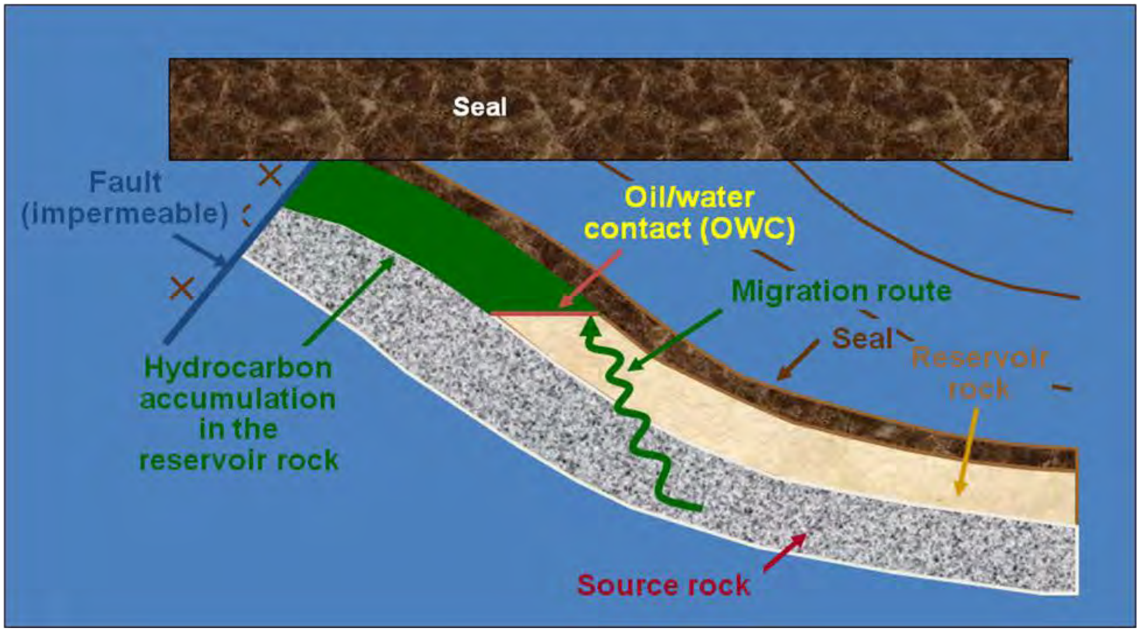
f. Kompresi Tektonik

Kompresi lateral sedimen dapat menghasilkan pengangkatan sedimen lapuk atau perlipatan sedimen yang lebih kuat, sehingga formasi yang secara normal terkompaksi akan naik ke bagian yang lebih tinggi. Jika tekanan mula tetap, maka pengangkatan formasi tersebut dapat menghasilkan tekanan abnormal.

g. Migrasi Fluida

Migrasi fluida dari zona tekanan tinggi ke zona yang lebih dangkal yaitu dengan melalui patahan atau dari casing/semen yang buruk akan dapat menyebabkan terjadinya kick, karena perubahan litologi tidak dapat mendeteksi adanya tekanan

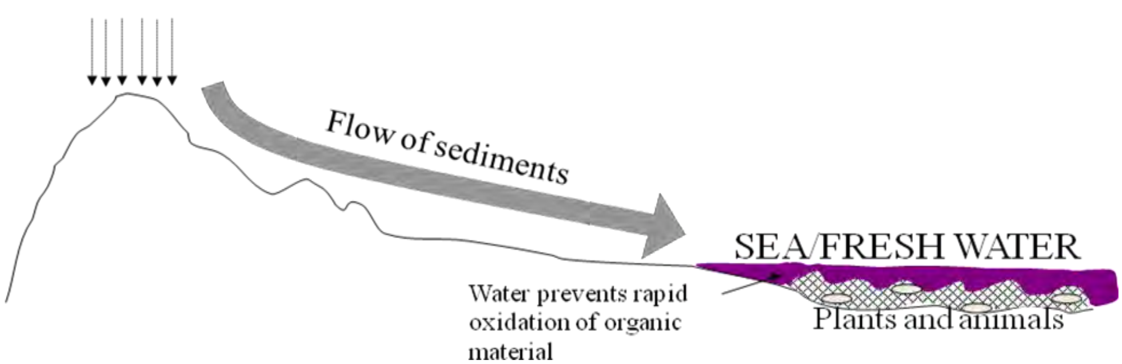
yang tinggi. Dengan kata lain, bahwa tekanan abnormal dapat terjadi pada formasi-formasi dangkal jika terjadi migrasi gas dari formasi-formasi dibawahnya.



Gambar ; Proses migas hidrokarbon

h. Pembentukan Hidrokarbon

Shale yang terendapkan dengan sejumlah bahan-bahan organik akan menghasilkan gas, karena bahan organik akan terdegradasi pada saat proses kompaksi. Jika gas tersebut tidak terbebaskan, maka akan berkembang menjadi tekanan abnormal. Produk organik juga membentuk garam yang akan terendapkan dalam ruang pori, sehingga akan menurunkan porositas dan menghasilkan suatu penghalang (seal).



Gambar ; Proses migas hidrokarbon

4.6 Problem Pemboran Berkaitan Dengan Tekanan Formasi

Jika pemboran menembus formasi dengan tekanan hidrostatik lumpur yang cukup memadai, maka dapat mencegah :

1. lubang bor runtuh dan
2. masuknya fluida formasi.

Untuk mencapai kondisi tersebut, maka tekanan hidrostatik lumpur harus sedikit lebih besar dari tekanan formasi (disebut sebagai overbalance). Tetapi jika overbalance terlalu besar akan menyebabkan :

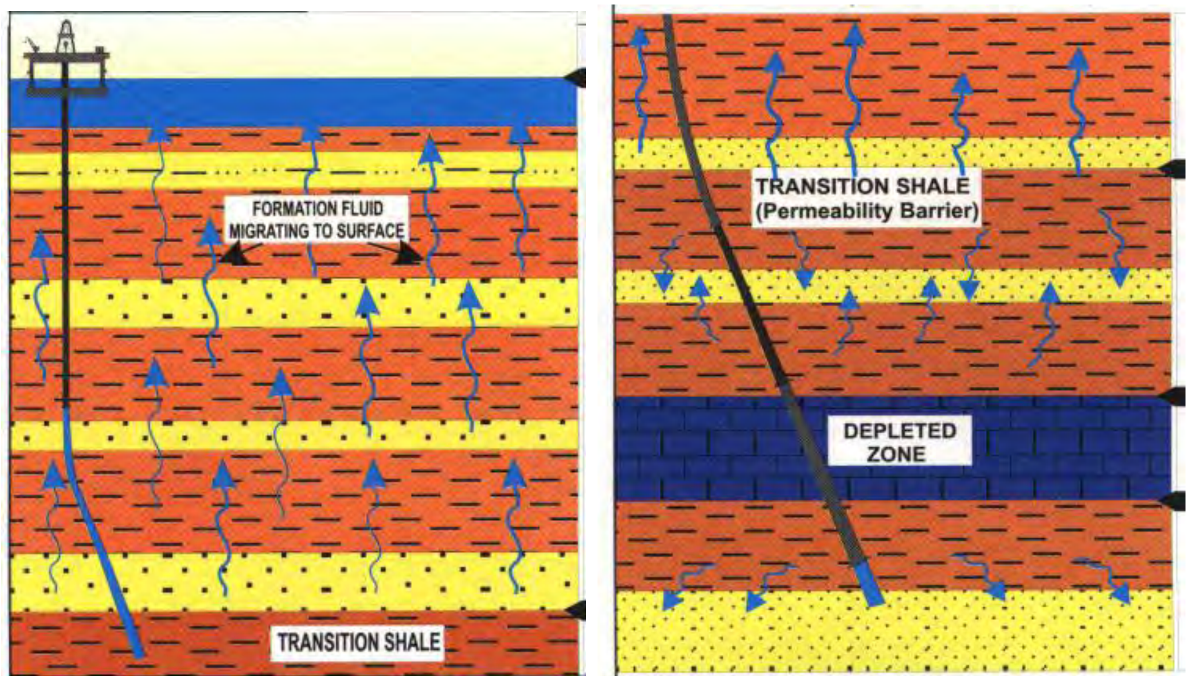
1. Menurunkan laju penembusan (chip hold down effect)
2. Hilang lumpur (aliran lumpur masuk ke formasi)
3. Rekah formasi (melebihi gradien rekah formasi)
4. Pipa terjepit (differntial pressure pipe stuck).

Tekanan formasi juga berpengaruh terhadap perencanaan casing. Jika zona tekanan abnormal berada diatas zona subnormal, maka densitas lumpur yang sama tidak dapat digunakan pada kondisi tersebut (karena zona bawah akan rekah). Untuk itu, maka zona atas harus dipasang casing, agar berat lumpur dapat diturunkan untuk melanjutkan pemboran pada zona bawah. Problem umum yang sering terjadi adalah penempatan surface casing terlalu tinggi, sehingga ketika pemboran menembus zona tekanan abnormal kick tidak dapat disirkulasikan keluar dengan lumpur berat karena terjadi rekah formasi pada zona atas yang tidak dipasang casing. Setiap rangkaian casing harus dipasang pada kedalaman maksimum berdasarkan data gradien rekah formasi. Jika hal ini tidak dilakukan, maka harus dipasang casing tambahan atau liner sebagai protektor. Hal ini bukan saja mahal, tetapi juga akan memperkecil diameter lubang bor, sehingga akan menimbulkan masalah pada saat sumur dikomplesi.

Berdasarkan hubungan antara tekanan formasi dengan problem-problem pemboran, maka tekanan formasi abnormal harus diidentifikasikan sebelum perencanaan program pemboran dilakukan.

4.6.1 Zona transisi

Perubahan tekanan fluida dari normal menjadi abnormal pada suatu interval zona impermeabel disebut sebagai zona transisi, yaitu akibat adanya air konat yang terperangkap pada saat proses sedimentasi. Jika zona transisi berupa lapisan shale yang tebal, maka tekanan formasi secara gradual bertambah besar. Zona transisi ini dicirikan oleh adanya perubahan gradien tekanan secara menyolok. Dibawah zona transisi abnormal gradien tekanan mengecil lagi. Variasi tekanan formasi pada sumur yang bertekanan abnormal. Zona transisi memberikan indikasi kepada kru pemboran supaya menyadari bahwa mereka akan menembus zona tekanan abnormal.



Gambar ; Zona transisi

BAB V
FLUIDA PEMBORAN

Masalah-masalah yang berhubungan dengan pemboran sumur minyak sebagian besar disebabkan oleh karena adanya gangguan keseimbangan terhadap tegangan tanah (earth stress) di sekitar lubang bor yang disebabkan akibat adanya aktivitas pembuatan lubang bor itu sendiri, dan adanya interaksi antara lumpur pemboran dengan formasi yang ditembus.

Tegangan tanah bersama dengan tekanan formasi berusaha untuk mengembalikan keseimbangan yang telah ada sebelumnya, dengan cara mendorong lapisan batuan untuk bergerak ke arah lubang bor.

Untuk itu, lubang bor harus dijaga stabilitasnya dengan cara menyeimbangkan tegangan tanah dan tekanan formasi di satu sisi dengan tekanan lumpur pemboran di sekitar lubang bor serta komposisi kimia lumpur pada sisi yang lain.

Berikut pengetahuan tentang lumpur pemboran terdiri dari jenis lumpur, sifat-sifat lumpur dan fungsi lumpur.

5.1 Lumpur Bor

Dalam operasi pengeboran fluida pengeboran sangatlah penting. Selain menghasilkan lubang pengeboran juga menghasilkan *cuttings*. *Cuttings* adalah serbuk atau serpihan hasil pengeboran. Formasi yang ditembus akan berubah menjadi serbuk atau serbuk bor. Serbuk pengeboran atau *cutting* harus diangkat dari bawah *bit* , dan dibawa ke permukaan oleh fluida pengeboran. Caranya adalah dengan mensirkulasikan lumpur dari permukaan ke dasar lubang melalui rangkaian pengeboran, kemudian lumpur pengeboran membawa *cutting* ke permukaan melalui annulus antara rangkaian pengeboran dan dinding lubang. Di permukaan *cuttings* dipisahkan dari lumpur oleh *shale shaker*, dan lumpur kembali ke dalam tangki lumpur.

Lumpur pengeboran terdiri dari fasa cair fasa padatan, dan *fasa* kimia *(additive)*. Ketiga fasa ini membentuk suatu fluida yang dapat dipompakan. *Fasa* fluidanya merupakan fasa yang dominan dan kontinyu. Fasa ini dapat berupa air, minyak atau gas.

Fluida pengeboran yang mempunyai fasa yang kontinyu dan dominan adalah air disebut dengan *water based mud*. Fluida pengeboran yang mempunyai fasa yang kontinyu dan dominan minyak disebut dengan o*il based mud.* Sedangkan fluida pengeboran yang ditambahkan gas ke dalamnya disebut dengan *aerated drilling mud.*

Sifat-sifat fluida pengeboran harus disesuaikan dengan sifat-sifat formasi yang akan ditembus agar operasi pengeboran tidak mendapat masalah. Sifat-sifat fluida pengeboran harus diukur secara periodik, dan disesuaikan dengan sifat-sifat yang direkomendasikan. Bila tidak sesuai perlu diadakan perawatan kembali dengan menambahkan *additive* yang sesuai.

Dalam operasi pengeboran, selama lumpur atau fluida pengeboran disirkulasikan akan terjadi *pressure loss* yang dipengaruhi oleh sifat-sifat lumpur. *Pressure loss* juga mempengaruhi tekanan sirkulasi lumpur.

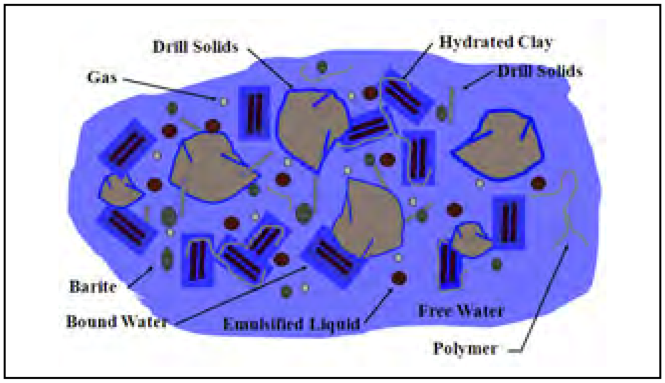
Jenis-jenis Fluida Pengeboran

Fluida pengeboran dikelompokkan berdasarkan fasa yang dominan, yaitu :

- *Water base mud*
- *Oil base mud.*
- *Aerated drilling mud.*

2.1.1.1 <u>*Water Base Mud.*</u>

Water base mud atau lumpur berbahan dasar air adalah fluida pengeboran atau lumpur pengeboran yang mempunyai fasa yang dominan atau kontinyu adalah air. Di dalam *water base mud* terdapat fasa cair lain seperti minyak, tapi minyak merupakan fasa yang tidak kontinyu. Lumpur jenis ini yang paling banyak digunakan dalam operasi pengeboran.



Gambar : Komposisi Lumpur Pengeboran

Kelompok *additive* untuk menaikkan viskositas lumpur yang disebut juga dengan *viscosifier*. adalah :

- *Bentonite.*
  - *Sodium Montmorillonite*
  - *Calcium Montmorillonite*
- *Attapulgite*
- *Polymer* , yang dapat berupa
  - *CMC (Carboxy Methyl Cellulose)*
  - *HEC (Hydroxyl Ethyl Cellulose)*

Untuk mencapai berat jenis tertentu atau untuk menaikkan berat jenis lumpur pengeboran ditambah dengan *weighting material* seperti :

- *Barite*
- *Galena*
- *Ilmenite*
- *Hematite*

Untuk mengontrol sifat-sifat lumpur yang lain digunakan *additive-additive* seperti :

- *Thinner (Deflocculant)*

- *Filtrate Loss Additive*
- *Corrosion Inhibitor*
- *Defoamer*
- Dan Lain-Lain.

Untuk mengatasi problema formasi *shale* digunakan *inhibited water mud*. Lumpur ini berfungsi untuk menahan hidrasi dari *clay* atau dengan kata lain mencegah penghisapan air oleh mineral *clay.*

Hidrasi *clay* menyebabkan *clay* mengembang, sehingga ikatan *clay* menjadi lemah dan meruntuhkan dinding lubang bor. Sehingga terjadi pembesaran lubang bor yang disebut dengan *washout*, dan runtuhan dinding lubang dapat menyebabkan pipa terjepit.

Sebagai contoh : pada saat pengeboran berlangsung tidak ada masalah, tetapi pada saat penggantian bit terjadi masalah. Pada saat bit diturunkan kembali ke dasar lubang, bit duduk sebelum sampai di dasar lubang. Sehingga memungkinkan pengeboran ulang terhadap runtuhan-runtuhan tersebut.. Peristiwa ini adalah kerugian waktu dan biaya pengeboran.

Sebelum membuat lumpur perlu terlebih dahulu memeriksa apakah air mengandung calcium dan/atau *magnesium*, jika ada tambahkan additive *caustic soda* (*NaOH*) untuk menghilangkannya.

Jenis-jenis *Water Base Mud* adalah :

- *Natural Mud*
- *Spud Mud*
- *Bentonite Treated Mud*
- *Phosphate Treated Mud*
- *Organic Colloid Mud*
- Red *Mud*
- *Lime Treated Mud*
- *Gypsum Treated Mud*

- *Salt Water Mud*
- *Brine*
- *Lignosulfonate Mud*
- *KCl Polymer Mud*
- *Oil In Water Emulsion Mud*

A. *Natural Mud.*

Air tawar disirkulasikan akan bereaksi dengan *cuttings* yang dihasilkan, dengan syarat formasi yang ditembus adalah merupakan *reactive solid*. Air yang telah bereaksi ini akan menjadi lumpur yang sudah mempunyai kekentalan dan mampu mengangkat cutting. Sering ditambahkan *lime* untuk membentuk flokulasi. Lumpur ini disebut dengan *natural mud* atau *native mud*. Umumnya *natural mud* atau *native mud* digunakan untuk menembus formasi permukaan, atau formasi yang masih dekat dengan permukaan.

Natural mud merupakan lumpur sederhana dengan biaya relatif murah, dengan hasil yang didapat sebagai berikut :

- Pembersihan lubang kurang baik
- *Filter cake tebal*
- Lumpur agak *abrasive*
- Kandungan padatannya tinggi

Bila lapisan permukaan bukan berupa *reactive solid* tentu air yang disirkulasikan tidak bereaksi dengan *cuttings* yang dihasilkan.

B. *Spud Mud.*

Bila formasi permukaan yang ditembus bukan merupakan *reactive solid*, maka tidak dapat memakai lumpur alam atau natu*ral mud*. Untuk kondisi ini air tawar sebagai *fasa* cair kemudian ditambahi dengan *additive* (*viscosifier)*, seperti *bentonite, attapulgite* dan *polymer*. Pada umumnya digunakan *bentonite* 15 sampai 25 *lbs/bbl*. Sehingga lumpur mempunyai *viskositas* yang sesuai agar mampu mengangkat *cuttings* ke permukaan dengan baik. Untuk mengontrol sifat-sifat lumpur yang lain ditambahkan *additive* yang sesuai. Untuk memperbaiki flokulasi ditambahkan lime 0.5

lbs/bbl, untuk mengatur *pH* ditambahkan *caustic soda* sampai 0.25 *lbs/bbl*, dan *soda ash* 0.5 sampai 1 *lb/bbl.*

Prosedur pembuatan lumpur adalah sebagai berikut :

a. Isi tangki dengan air tawar
b. Tambahkan *caustic soda, pH* lumpur dijaga sekitar 9 sampai 9.5
c. Tambahkan *bentonite,* viskositas *marsh funnel* dijaga 35 detik

Lumpur ini membersihan dan mengangkat *cuttings* dari dasar lubang cukup baik, serta membentuk *mud cake*. Pada lumpur ini tidak perlu ditambahkan *filtrate additive*.

C. *Bentonite Treated Mud.*

Bentonite treated mud adalah lumpur yang dirawat dengan menambahkan *bentonite* untuk menaikkan viskositas. Hal ini dilakukan karena viskositas yang dihasilkan dari *cuttings* masih kurang. Bila hal ini tidak dilakukan maka lumpur tidak dapat mengangkat *cuttings* dengan baik ke permukaan. lumpur yang dirawat dengan *bentonite* ini bisa berasal dari *natural mud* ataupun s*pud mud.*

D. *Phosphate Treated Mud.*

Phosphate treated mud adalah lumpur yang dirawat dengan menambahkan *phosphate*, seperti :

– *Sodium Acid Pyro Phosphate*
– *Sodium Tetra Phosphate*
– *Sodium Metha Hexa Phosphate*

Penambahan *phosphate* grup ini adalah untuk menurunkan viskositas lumpur. Kalau dibiarkan saja dapat menimbulkan problem dalam operasi pengeboran.

Hal ini dilakukan bila pengeboran menembus *formasi* yang *reactive solid*, atau pengeboran menembus formasi *gypsum* dan *anhydrite* dimana terjadi kenaikkan viskositas lumpur.

E. Calcium Treated Mud.

Calcium treated mud adalah lumpur yang dirawat dengan menambahkan *ion calcium* ke dalam lumpur, seperti :

- *Lime*
- *Gypsum*
- *Sea Water*
- *Ca* Cl_2
- *Ca* Br_2

Lumpur ini termasuk *inhibitive water mud*. Lumpur yang dirawat dengan *calcium* ini apabila *formasi* yang ditembus adalah formasi *shale* yang sangat sensitif terhadap air tawar. Penambahan *ion calcium* akan menurunkan aktifitas *ion natrium* dari *clay*, sehingga *clay* tidak mengisap air tawar lagi. Bila *Natrium Montmorillonite* dari *clay* mengisap air, menyebabkan ikatan antar *clay* melemah dan dinding lubang akan runtuh.

F. *Lime Mud.*

Lime mud sudah cukup banyak digunakan sebagai *inhibitive water mud. Hydrated Lime* yang merupakan *calcium hydroxide* mengurangi jumlah air yang menempel pada struktur *clay*.

Lime mud dapat dibagi dua, yaitu *:*

- *high lime mud*
- *low lime mud.*

High lime mud harus mempunyai *alkalinity filtrate* (*Pf*) 5 sampai 9, dan *alkalinity* lumpur (Pm) 20 sampai 40. Untuk menentukan lime yang tidak larut dapat menggunakan persamaan :

$$Lime = \frac{Pm - Pf}{4}$$

Dimana :

Lime	=	*lime* yang tidak larut, atau kelebihan *lime, lb/bbl*
Pf	=	*alkalinity filtrate* lumpur
Pm	=	*alkalinity* lumpur.

Low lime mud baik digunakan untuk formasi bertemperatur tinggi, dimana *alkalinity filtrate* adalah 2-5, dan *alkalinity* lumpur 12 sampai 18.

Komposisi material untuk lime mud adalah sebagai berikut :

- *lime,* $Ca(OH)_2$: 8 *lbs/bbl*
- *Caustic Soda* : 3 *lbs/bbl*
- *De Floculant* : 3 *lbs/bbl*
- *Polymer* : 1 *lb/bbl.*

Perlu menjadi perhatian bahwa *High Lime Mud* tidak bisa digunakan untuk menembus formasi yang mempunyai temperatur diatas 275^o F.

G. <u>*Gyps Mud.*</u>

Gyps mud merupakan inhibitive *water mud*, dimana ion *calciumnya* berasal dari *gypsum*. Rumus kimia *gypsum* adalah : $CaSO_4$ $2H_2O$. Lumpur ini digunakan untuk mengebor formasi *gypsum* atau *anhydrite*.

Lumpur ini memberikan keuntungan dimana *ion calcium* rendah pada harga *pH* yang rendah. Kelarutan *calcium* tidak mudah berubah dalam *gyps mud*. Sebagai *defloculant* yang sering digunakan adalah *Chrome Lignosulfonate*. *pH* dijaga antara 9.5 s/d 10.5.

H. <u>*Lignosulfonate Mud.*</u>

Lumpur ini juga termasuk *inhibitive water mud*. Lumpur ini menggunakan *defloculant* (*thinner*) yang cukup tinggi, yaitu : 12 *lbs/bbl*. *Ligno sulfonate* yang digunakan adalah *chrome Lignosulfonate* atau *Ferro Chrome Ligno Sulfonate* adalah *Defloculant* lumpur. Lumpur ini digunakan juga untuk menembus formasi *shale* yang sensitive terhadap air tawar. *Chrome Ligno Sulfonate* atau *Ferro Chrome Ligno Sulfonate* merupakan *defloculant* yang relatif murah dan cukup efektif untuk *Inhibited Mud Ligno Sulfonate Mud* akan menggumpal pada temperatur di atas 300^o F, sehingga untuk temperatur di atas 300^o F, *defloculant*-nya diganti dengan *Lignite.*

Lignite sering digunakan bersama dengan *Chrome Lignosulfonate* karena dapat memperbaiki *filtrate* lumpur.

I. *Salt Water Mud*

Lumpur yang dibuat dari air tawar dan garam, dimana kandungan *NaCl* lebih dari 1% berat. Lumpur ini termasuk kelompok *Inhibitive* Water Mud. *Salt water mud* digunakan untuk menembus *salt dome*, atau formasi garam. Tujuannya supaya formasi garam yang ditembus tidak larut,dan tidak terjadi pembesaran lubang bor.

Penggunaan *Salt Water Mud* ini dapat mengganggu interpretasi logging, untuk itu kandungan garam dari lumpur ini harus diketahui sebagai koreksi dalam interpretasi logging listrik.

J. *Brine*

Brine adalah adalah fluida pengeboran yang dibuat dari air tawar dan garam yang digunakan dalam operasi pengeboran yang tidak memerlukan berat jenis yang tinggi dan/atau *viskositas* yang tinggi. *Brine* juga termasuk *inhibitive water mud*.

Brine ini digunakan bila diperlukan lumpur pengeboran yang mempunyai kandungan padatan yang rendah. *Brine* sering digunakan pada operasi *completion* dan *work over*, dimana sangat memerlukan lumpur dengan padatan yang rendah.

Operasi-operasi tersebut karena berhubungan dengan formasi produktif, lumpur yang mengandung padatan yang tinggi dapat menyumbat pori-pori batuan lapisan produktif, yang dapat menyebabkan terjadi *formation damage.*

Berat jenis dari *brine* berkisar antara 8.33 s/d 19.2 ppg. Pengukuran berat jenis *brine* biasanya pada temperatur 60 ^{o}F. Sebaiknya berat jenis lumpur dihitung dari *specific gravity* yang diukur dengan *hydrometer*. *Brine* atau garam yang umumnya digunakan yang dicampurkan dengan air adalah sebagai berikut :

- *Single Brine :*
  - *Potassium Chloride*
  - *Sodium Chloride*
  - *Calcium Chloride*
  - *Calcium Bromide*
- *Two Salt Brine*

- *Calcium Chloride/Calcium Bromide*

– *Three Salt Brine*

- *Calcium Chloride/Calcium Bromide/Zinc Bromide*

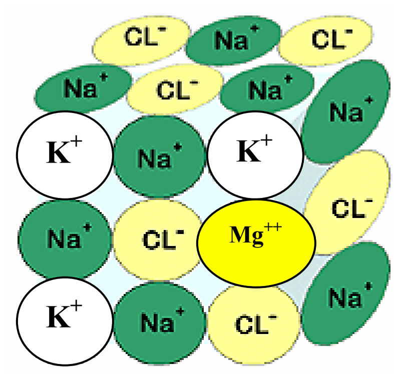
Berat jenis maksimum yang dapat dihasilkan oleh masing-masing *brine* adalah seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel Berat Jenis Maksimum Dari *Brine System*

Brine system	**Berat yang dapat dicapai, ppg**
Single salt brine :	
– *Potassium Chloride (KCl)*	9.7
– *Sodium Chloride (NaCl)*	10.0
– *Calcium Chloride ($CaCl_2$)*	11.6
– *Calcium Bromide (CaBr2)*	14.2
Two salt brine :	
– *Calcium Chloride/Calcium Bromide*	15.1
– *($CaCl_2$)/(CaBr2)*	
Three salt brine :	
– *Calcium Chloride/ Calcium Bromide/zincbromide ($CaCl_2$)/CaBr2)/(ZnBr2)*	19.2

Tabel Diameter Ion Komponen-komponen *Brine*.

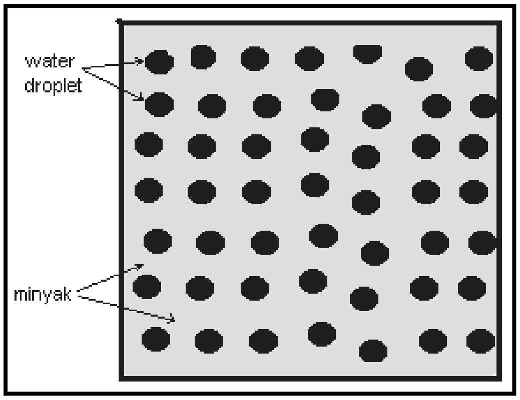
Ion	Diameter Ion, A^o
Na^+	11.2
K^+	7.6
Ca^{++}	19.2
Mg^{++}	21.6



Gambar : Gambaran Ion-ion Garam Dari *Brine*

2.1.2 Oil Base Mud

Oil base mud disebut juga dengan istilah lumpur minyak. *Oil base mud* adalah lumpur pengeboran yang mempunyai fasa dominan dan kontinyu minyak. Air di dalam lumpur merupakan fasa yang teremulsi, berupa butir-butir atau yang disebut dengan *droplet.* Butir-butir air ini harus halus dan tersebar merata supaya sifat-sifat lumpur minyak stabil. *Additive* yang penting untuk lumpur minyak adalah *emulsifier*,yang berfungsi untuk membuat emulsi air yang baik. Selain dari itu lumpur selalu diaduk supaya butir-butir air merata. Gambaran butir-butir air dalam lumpur minyak dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar : Butiran-Butiran Air Dalam Lumpur Minyak

Volume air dalam lumpur minyak harus dijaga, karena bertambahnya volume air dalam lumpur minyak akan merusak kestabilan lumpur minyak . Untuk itu tangki lumpur minyak harus diberi atap atau merupakan tangki yang tertutup. Lumpur minyak digunakan apabila menembus formasi yang sangat sensitif terhadap air, serta menembus formasi produktif yang berupa *shally sand*. Tujuannya adalah untuk mencegah terjadinya *formation damage* pada lapisan produktif.

Minyak yang digunakan harus :

- Tidak merusak lingkungan
- Tidak melarutkan karet
- Tidak mudah terbakar

A. Kelebihan-kelebihan lumpur minyak

Kelebihan atau keuntungan-keuntungan lumpur minyak adalah sebagai berikut :

a. Lubang lebih stabil
b. *Penetration rate* lebih cepat
c. Pelumasan sangat baik
d. Mencegah korosi pada peralatan yang terbuat dari besi baja
e. Tidak bereaksi dengan *clay*

B. Komposisi Lumpur Minyak.

Komposisi lumpur minyak yang umum adalah sebagai berikut :

- Fasa Minyak yang digunakan adalah minyak *diesel* tetapi saat ini sering diganti dengan minyak yang lebih ramah lingkungan, yaitu ;
  - *Mentor*
  - *Saraline*

  Komposisi fasa minyak adalah 0.52 *bbl/bbl* lumpur.

- Air.

  Air dalam lumpur minyak adalah 0.24 *bbl/bbl* lumpur

- *Emulsifier*.

  Emulsifier berguna untuk membuat fasa air dalam lumpur minyak dalam kondisi teremulsi dengan baik. Misalnya adalah Invermul dengan komposisi 8 *lbs/bbl*, *Invermul* ditempatkan di dalam drum, dimana 1 drum *invermul* beratnya 418 *lbs*.

- *Suspending agent* atau bahan pengental lumpur.

  Material yang digunakan adalah *Geltone* dengan komposisi 2 *lbs/bbl*. *Geltone* ditempatkan di dalam *sack* yang beratnya 1 *sack* adalah 50 *lbs*

- *Filtrate reducer.*

  Sebagai *filtrate reducer* pada lumpur minyak adalah *Duratone*, dengan komposisi 8 *lbs/bbl*. *Duratone* ditempatkan dalam *sack*, dimana berat 1 *sack* adalah 50 *lbs.*

- *Lime*.

  Material ini mengandung unsur *calcium*, yang berguna untuk menurunkan aktifitas *natrium* dari formasi *clay*. Kemudian dicampurkan kedalam tangki lumpur dengan takaran 4 *lbs/bbl*.

  Material ini dikemas dalam *sack*, dengan berat per *sack* adalah 55 *lbs.*

- *Calcium chloride*.

  Material ini mengandung unsur *calcium*, yang berguna untuk menurunkan aktifitas

natrium dari formasi *clay*. Kemudian dicampurkan kedalam tangki lumpur dengan takaran 40 *lbs/bbl* lumpur. Material ini dikemas dalam *sack*, dimana beratnya per *sack* adalah 55 *lbs*

- *Weight material*

  Material ini digunakan untuk mengontrol berat jenis lumpur. *Weight material* yang umum adalah *barite*. Dengan komposisi 215 *lbs/ bbl* lumpur. Untuk berat jenis lumpur dapat disesuaikan dengan yang diinginkan.

2.1.3 Aerated Drilling Mud.

Yang termasuk ke dalam *aerated drilling mud* adalah :

- Udara
- Gas alam
- Kabut
- Busa

Fluida jenis *aerated drilling mud* adalah fluida ringan, yang prosesnya dengan mencampurkan pada lumpur pengeboran sehingga berat jenis lumpur tersebut menjadi ringan.

Pengeboran dengan fluida ini lebih menguntungkan karena laju penembusan lebih cepat dan tekanan hidrostatis lumpur yang terjadi menjadi rendah. Pengeboran dengan menggunakan fluida ini akan menghasilkan kecepatan pengeboran yang tinggi, karena tekanan hisrostatik menjadi rendah.

Differential pressure antara tekanan formasi dengan tekanan hidrostatik lumpur menjadi rendah, sehingga formasi yang ditembus oleh bit akan cepat terbongkar masuk ke dalam lubang sumur.

Pengeboran menggunakan *aerated drilling fluid* sering digunakan untuk menghadapi formasi *loss* (*weak zone*). Dengan menggunakan fluida ini problema *loss* dapat

diatasi. Bila tekanan hidrostatis fluida pengeboran sampai lebih kecil dari tekanan formasi, Pengeborannya disebut dengan *underbalanced drilling*.

5.2 Sifat-sifat Lumpur Pengeboran

Sifat-sifat lumpur pengeboran disebut juga dengan *mud properties*. Sifat-sifat lumpur pengeboran harus disesuaikan dengan sifat-sifat formasi yang akan ditembus. Bila sifat-sifat lumpur pengeboran tidak sesuai dengan sifat-sifat formasi yang akan ditembus maka operasi pengeboran mendapat masalah. Oleh sebab itu dalam merencanakan lumpur pengeboran harus diketahui terlebih dahulu sifat-sifat formasi yang akan ditembus.

Sifat-sifat lumpur pengeboran sering berubah selama pengeboran berlangsung. Agar tidak menimbulkan masalah sifat-sifat lumpur pengeboran harus diukur secara periodik, untuk menyesuaikan kembali kepada sifat-sifat lumpur yang direkomendasikan. Perawatan lumpur dengan menambahkan *additive-additive* yang sesuai.

Sifat-sifat lumpur cukup banyak, tetapi yang diuraikan disini adalah sifat-sifat lumpur yang berhubungan dengan *pressure loss dan well control*. Sifat-siifat lumpur yang dimaksud adalah sebagai berikut :

- Berat jenis
- Viskositas
- *Yield point*
- *Gelstrength*
- *Filtrat loss*
- *Mud cake*
- Keasaman
- *Sand content*
- *Solid content*
- *Liquid content*

2.1.4 Pengukuran Berat Jenis Lumpur Pengeboran.

Berat jenis lumpur pengeboran sering disebut juga dengan istilah densitas lumpur,

atau disebut dengan istilah *mud weight*. Densitas lumpur merupakan perbandingan antara massa lumpur dengan volume lumpur.

Densitas lumpur adalah :

$$Dm = \frac{Wm}{Vol\ m}$$

Dimana :

Dm = *Densitas* lumpur

Wm = Massa atau berat lumpur

Vol m = Volume lumpur

Satuan *densitas* lumpur yang umum digunakan dalam operasi pengeboran adalah :

- *lbs/gal*
- *kg/liter*
- *gram/cc*
- *lbs/cuft*

Lumpur terdiri dari fasa cairan, fasa padat, dan *additive*. Sehingga berat lumpur adalah :

$$W_m = W_c + W_p + W_a$$

Dimana :

W_m = Berat lumpur

W_c = Berat cairan

W_p = Berat padatan

W_a = Berat *additive*.

Volume lumpur adalah :

$$Vol_m = Vol_c + Vol_p + Vol_a$$

Dimana :

Vol_m = Volume lumpur

Vol_c = Volume cairan

Vol_p = Volume padatan

Vol_a = Volume *additive*

A. <u>Pengukuran Densitas Lumpur.</u>

Densitas lumpur harus diukur secara periodik agar dapat memberikan tekanan hidrostatik lumpur yang tepat untuk menahan tekanan formasi. Densitas lumpur diukur dengan *Mud balance.*



Gambar : *Mud Balance*

Langkah-langkah pengukuran densitas lumpur pengeboran dengan menggunakan *mud balance* adalah sebagai berikut :

a. Masukkan lumpur ke dalam *mud cup* sampai penuh
b. Pasang *top cup*.
   Sebagai tanda *mud cup* sudah penuh lumpur akan keluar melalui lubang pada bagian atas *top cup*.
c. Bersihkan dan keringkan lumpur yang ada di bagian luar *mud cup*
d. Letakkan peralatan diatas standar/penyangga.
e. Geser *rider* pada *balance arm* sampai posisi *balance arm level*
f. Baca *densitas* lumpur pada *balance arm* yang ditunjukkan oleh *rider*.

Untuk mengkalibrasi *mud balance* supaya dapat mengukur densitas lumpur dengan benar dilakukan dengan menggunakan air tawar dengan berat jenis 8.33 ppg atau 1.0 gr/cc. sebagai berikut :

a. Masukkan air tawar ke dalam *mud cup* sampai penuh
b. Pasang *top cup*. Sebagai tanda *mud cup* sudah penuh , air tawar akan keluar melalui lubang pada bagian atas *top cup*.
c. Bersihkan dan keringkan air tawar yang ada di bagian luar *mud cup*
d. Letakkan peralatan diatas standar/penyangga.
e. Geser *ride* pada *balance arm* pada angka 8.33 *ppg*
f. Bila *mud cup* lebih rendah dari *balance arm*, isi *calibrator* dengan bola-bola timah sampai *balance arm level*. Bila *mud cup* lebih tinggi dari *balance arm*, kurangi isi *calibrator* sampai *balance arm level* (dalam posisi mendatar).

Lumpur yang diukur densiasnya adalah dua macam, yang pertama adalah lumpur yang akan disirkulasikan ke dalam lubang , dan yang kedua adalah lumpur yang kembali dari dalam lubang. Pengukuran densitas lumpur yang akan disirkulasikan ke dalam lubang diambil pada *suction tank*, dengan maksud agar lumpur yang akan disirkulasikan ke dalam lubang sudah sesuai dengan berat jenis lumpur yang direkomendasikan.

Sedangkan pengukuran densitas lumpur yang kembali dari dalam lubang diambil pada *shaker tank*, dengan tujuan untuk melihat perubahan harga densitas lumpur, apakah lumpur perlu dinaikkan densitasnya atau tidak. Bila densitas lumpur yang keluar dari dalam lubang lebih kecil dari pengukuran sebelumnya berbahaya. Berarti sudah terjadi *kick* di dalam lubang, dan pengeboran harus dihentikan dan sumur harus ditutup. Kalau tidak sumur akan *blowout.*

B. *Specific Gravity* Lumpur Pengeboran.

Specific gravity adalah densitas suatu zat dibagi dengan densitas air tawar *standard*. *Specific gravity* dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$SG = \frac{D}{D_{WS}}$$

Dimana :

SG = *specific gravity*

D = densitas suatu zat

Dws = densitas air tawar *standard*, yang harganya adalah sebagai berikut :

- 8.33 ppg
- 62.4 lb/cuft
- 1.0 gr/cc atau 1.0 kg/liter

Specific gravity lumpur pengeboran dicari dengan persamaan sebagai berikut :

$$SG_m = \frac{D_m}{Dws}$$

Dimana :

SG_m = *specific gravity*, tanpa satuan

D_m = *densitas* lumpur pengeboran

D_{ws} = *densitas* air tawar standar

C. Menaikkan Densitas Lumpur Pengeboran.

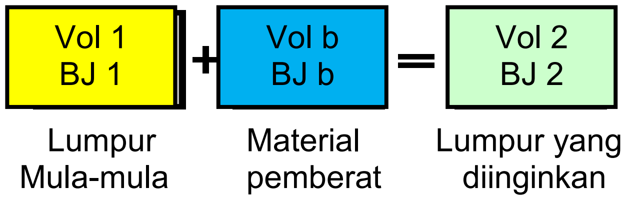
Untuk menaikkan densitas lumpur pengeboran ditambahkan material pemberat , atau lumpur yang mempunyai densitas yang lebih besar.

- Menaikkan Densitas Lumpur Dengan Menambahkan Material Pemberat.

Untuk menentukan volume material pemberat yang ditambahkan diperlukan data tentang :

- *densitas* lumpur pengeboran yang diinginkan
- volume lumpur yang diinginkan
- *densitas* lumpur pengeboran mula-mula
- *densitas* material pemberat yang akan ditambahkan

Gambaran menaikkan densitas lumpur pengeboran dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dimana diperlihatkan, lumpur mula-mula ditambah dengan material pemberat adalah lumpur yang diinginkan.



Gambar : Gambaran Menaikkan Densitas Lumpur Pengeboran

Volume barite yang ditambahkan adalah :

$$Vol_b \quad = \quad Vol_2 \quad x \quad \frac{(Bj_2 - Bj_1)}{(Bj_b - Bj_1)}$$

Jumlah barite yang ditambahkan adalah :

$$Vol_b \quad = \quad 0.42 \quad Vol_2 \quad x \quad \frac{(Bj_2 - Bj_1)}{(Bj_b - Bj_1)} x \quad Bj_b \quad .$$

Dimana :

Vol_1 = Volume lumpur mula-mula

Vol_b = Volume barite yang ditambahkan

Vol_2 = Volume lumpur yang diinginkan

Bj_1 = Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula

Bj_b = Densitas atau berat jenis

Bj_2 = Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan

Atau,

Jumlah sack barite = 14.7 x Volume barite yang ditambahkan

Dimana volume barite dalam *bbl*.

Jika densitas barite 35.5 ppg, barite per sack = 100 lbs maka :

$$Sb = 14.91x\left[\frac{Bj_2 - Bj_1}{35.5 - Bj_2}\right]xVol_1$$

- Menaikkan Densitas Lumpur Dengan Menambahkan Lumpur Berat.

Dalam menaikkan berat jenis atau densitas lumpur selain dengan cara menambahkan material pemberat, ada juga cara dengan jalan menambahkan lumpur berat. Dalam pengeboran explorasi, sering disediakan lumpur berat dilokasi. Menaikkan berat jenis lumpur dengan menambahkan lumpur berat akan lebih cepat waktunya dibandingkan dengan menambahkan material pemberat. Karena menambahkan *sack per sack* dan pengadukan supaya lumpur menjadi rata membutuhkan waktu yang agak lama. Sedangkan kalau lumpur mengalami *kick* dibutuhkan lumpur untuk mematikan *kick* secara cepat. Bila formasi yang akan ditembus bertekanan tinggi, kemungkinan terjadi *kick* , lumpur berat harus segera tersedia untuk mematikannya.

Sket gambaran menaikkan berat jenis lumpur dengan cara menambahkan lumpur berat kepada lumpur mula-mula dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Vol 1 BJ 1	+	Vol brt BJ brt	=	Vol 2 BJ 2

Gambar : Menaikkan Berat Jenis Lumpur Dengan Menambahkan Lumpur Berat

Volume lumpur berat yang ditambahkan adalah :

$$Vol_{brt} = Vol_2 \quad x \quad \frac{(Bj_2 - Bj_1)}{(Bj_{brt} - Bj_1)}$$

Dimana :

Vol_1 = Volume lumpur mula-mula

Vol_{brt}	=	Volume lumpur berat yang ditambahkan
Vol_2	=	Volume lumpur yang diinginkan
Bj_1	=	Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula
Bj_{brt}	=	Densitas atau berat jenis lumpur berat
Bj_2	=	Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan

D. Menurunkan Densitas Lumpur.

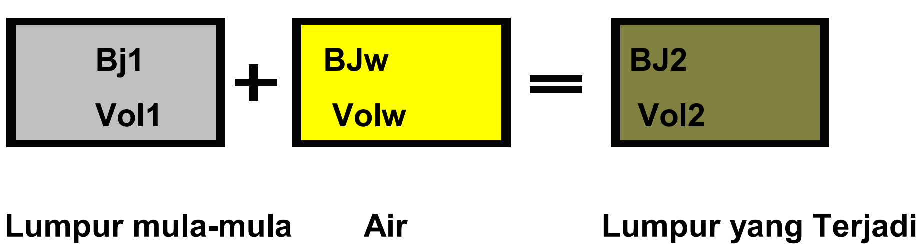
Untuk menurunkan densitas *water base mud* ditambahkan air, dan untuk menurunkan densitas *oil base mud* ditambahkan campuran minyak dan air. Campuran minyak dan air ini harus dengan *oil/water ratio* dari lumpur minyak semula. Dalam menaikkan densitas dan menurunkan densitas lumpur minyak harus dijaga dengan *oil water ratio* yang konstan.

- Menurunkan Densitas *Water Base Mud*.

Data yang diperlukan untuk mencari volume air yang ditambahkan untuk menurunkan densitas *water base mud* adalah sebagai berikut :

- Volume lumpur mula-mula
- Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula
- Densitas atau berat jenis air yang ditambahkan
- Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan

Gambarannya sama seperti menaikkan berat jenis atau densitas lumpur. Untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.



Gambar : Menurunkan Densitas Jenis Lumpur Dengan Menambahkan Air.

Volume air yang ditambahkan adalah :

$$Vol_w = Vol_2 \quad x \quad \frac{(Bj_1 - Bj_2)}{(Bj_1 - Bj_w)}$$

Dimana :

Vol_1	=	Volume lumpur mula-mula
Vol_w	=	Volume air yang ditambahkan
Vol_2	=	Volume lumpur yang diinginkan
Bj_1	=	Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula
Bj_w	=	Densitas atau berat jenis air yang ditambahkan
Bj_2	=	Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan

- Menurunkan Densitas *Oil Mud.*

Data yang diperlukan untuk mencari volume air yang ditambahkan untuk menurunkan densitas *oil base mud* adalah sebagai berikut :

- Volume lumpur mula-mula
- Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula
- Densitas atau berat air yang ditambahkan
- Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan
- Densitas atau berat jenis minyak yang ditambahkan
- *Oil/water ratio* dari lumpur minyak.

Gambarannya sama seperti menaikkan berat jenis atau densitas lumpur. Untuk jelasnya lihat gambar dibawah ini.

Vol 1 BJ 1	+	Vol c BJ c	=	Vol 2 BJ 2
Lumpur minyak Mula-mula		Campuran minyak dan air		Lumpur minyak yang diinginkan

Gambar : Menurunkan Densitas atau Berat Jenis *Oil Base Mud*

Volume campuran minyak dan air yang ditambahkan adalah :

$$Vol_C = Vol_2 \quad x \quad \frac{(Bj_1 - Bj_2)}{(Bj_1 - Bj_C)}$$

Dimana :

Vol_1	=	Volume lumpur mula-mula
Vol_C	=	Volume campuran yang ditambahkan
Vol_2	=	Volume lumpur yang diinginkan
Bj_1	=	Densitas atau berat jenis lumpur mula-mula
Bj_C	=	Densitas atau berat jenis campuran yang ditambahkan
Bj_2	=	Densitas atau berat jenis lumpur yang diinginkan

Volume campuran minyak dan air yang ditambahkan adalah sebagai berikut :

$$Bj_C = (f_O \times Bj_O) + (f_W \times BJ_W)$$

Dimana :

BJc	=	densitas atau berat jenis campuran yang ditambahkan
BJo	=	densitas atau berat jenis minyak yang dicampurkan
BJw	=	densitas atau berat jenis air yang dicampurkan
Fo	=	fraksi minyak dalam lumpur minyak
Fw	=	fraksi air dalam lumpur minyak

<u>Fraksi Minyak .</u>

Fraksi minyak dalam lumpur minyak adalah :

$$Fo = \frac{\text{Vol o}}{\text{Vol o} + \text{Vol w}} \times 100\%$$

Dimana :

F_O	= Fraksi minyak dalam lumpur minyak
Vol o	= Volume minyak dalam lumpur minyak
Vol w	= Volume air dalam lumpur minyak

Fraksi Air

Fraksi air dalam lumpur minyak adalah :

$$F_W = \frac{Vol_W}{Vol_O + Vol_W} \quad x \quad 100\%$$

Dimana :

Fw = Fraksi air dalam lumpur minyak

Vol o = Volume minyak dalam lumpur minyak

Vol w = Volume air dalam lumpur minyak

Oil Water Ratio

Oil water ratio (O/W) , dari lumpur minyak adalah :

$$O/W = \frac{f_O}{f_W}$$

2.1.5 Viskositas Lumpur Pengeboran

Viskositas lumpur pengeboran merupakan kekentalan dari lumpur pengeboran. Viskositas merupakan gesekan antara partikel-partikel lumpur yang mengalir. Bila viskositas tinggi lumpur akan mengalir dengan lambat, dan sebaliknya bila viskositas rendah maka lumpur pengeboran mengalir lebih cepat. Sehingga viskositas dikatakan juga sebagai tahanan terhadap aliran.

Viskositas lumpur pengeboran sangat memegang peranan dalam mengangkat cutting dari dasar lubang ke permukaan. Kalau viskositas lumpur pengeboran kurang dari yang seharusnya, maka *cuttings* dan material pemberat tidak bisa diangkat dari dasar lubang ke permukaan dengan sempurna. *Cuttings* dan material pemberat akan menumpuk di sekeliling rangkaian pengeboran dan dapat mengakibatkan rangkaian pengeboran akan terjepit.

Selama operasi pengeboran berlangsung viskositas lumpur dapat naik. Hal ini disebabkan oleh :

a. Lumpur terkontaminasi oleh lapisan formasi yang ditembus, seperti : *anhydrite*, *clay, gypsum*, dan lain-lain.
b. Terlalu banyak padatan dalam lumpur.

Akan tetapi bila viskositas lumpur pengeboran terlalu tinggi maka :

a. *Cuttings* yang halus-halus tidak bisa dipisahkan dengan cara mengendapkan di dalam *settling tank*. Pasir yang berupa *cuttings* akan berada di dalam lumpur dan mengingat pasir adalah *inert solid*, maka berat jenis lumpur akan naik, dan menimbulkan masalah dalam operasi pengeboran.
b. Pasir yang bersifat *abrassive* bila terlalu banyak dalam lumpur dapat mengikis dan merusak peralatan sirkulasi yang dilaluinya.
c. Kerja pompa bertambah berat
d. Menyebabkan terjadinya *swabb effect* dan *squeeze effect*

Agar harga viskositas lumpur pengeboran yang digunakan sesuai dengan yang diharapkan maka harus dilakukan pengukuran viskositas lumpur pengeboran secara periodik.

A. <u>Pengukuran Viskositas Lumpur Pengeboran.</u>

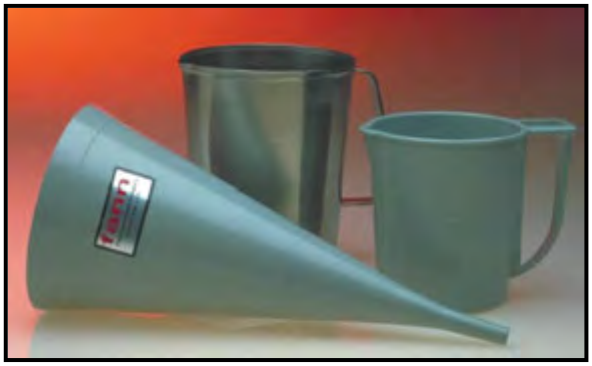
Viskositas Lumpur pengeboran diukur dengan dua cara, yaitu menggunakan :

a. Marsh Funnel
b. Viscometer

Pengukuran Viskositas Lumpur Pengeboran Dengan Marsh Funnel

Peralatan *Marsh Funnel* terdiri dari :

– Cangkir
– *Funnel*
– *Stop watch*



Gambar : *Marsh Funnel*

Pengukuran viskositas lumpur pengeboran menggunakan *marsh funnel* adalah sebagai berikut :

a. Isi cangkir dengan lumpur pengeboran sebanyak 1000 cc, atau sampai pada tanda batas lumpur.
b. Tutup ujung bawah *funnel* dengan jari
c. Masukkan lumpur pengeboran ke dalam funnel
d. Bawa lagi *funnel* ke atas cangkir
e. Lepaskan jari yang menutup ujung bawah *funnel*, bersamaan dengan itu jalankan atau hidupkan *stop watch*
f. Matikan *stop watch* setelah lumpur mengisi cangkir mencapai volume 946 cc, atau 1 *quartz* yang ada tandanya dalam cangkir.
g. Waktu mulai *stop watch* dihidupkan sampai *stop watch* dimatikan merupakan viskositas dari lumpur yang diukur, satuannya adalah detik.

Agar *marsh funnel* dapat mengukur viskositas lumpur pengeboran dengan benar, *marsh funnel* perlu dikalibrasi. Cara mengkalibrasi *marsh funnel* adalah dengan melakukan langkah-langkah pengukuran seperti di atas, tapi yang diukur adalah air tawar standar.

Bila viskositas air tawar standar yang diukur lebih besar dari 26 detik berarti ada padatan-padatan yang menyumbat saringan *funnel*. Sehingga saringan *funnel* harus

dibersihkan. Bila viskositas air tawar *standard* yang diukur lebih kecil dari 26 detik berarti saringan *funnel*. Sudah ada yang putus-putus, sehingga *funnel* harus diganti.

Pengukuran Viskositas Lumpur Pengeboran Dengan Viscometer

Viscometer mempunyai komponen-komponen utama sebagai berikut :

a. *Mud cup*
b. *Rotor*
c. Pengatur putaran
d. *Dial reading*
e. *Support* atau penyangga *mud cup*.

Mud cup adalah silinder yang merupakan tempat lumpur yang akan diukur viskositasnya

Rotor adalah batang yang memutar lumpur. Pengatur putaran adalah tombol yang mengatur putaran rotor. Putaran yang diberikan adalah 300 rpm dan 600 rpm. *Dial reading* adalah tempat membaca angka untuk putaran rotor tertentu. Penyangga adalah plat penahan *mud cup* supaya pas dengan rotor. Gambaran dari *viscometer* dapat dilihat pada gambar 6-10.

Langkah-langkah pengukuran viskositas lumpur menggunakan *viscometer* adalah sebagai berikut :

a. Isi *mud cup* dengan lumpur pengeboran sampai batas yang ditentukan
b. Letakkan di atas penyangga, dan masukkan rotor
c. Putar rotor 300 rpm.
d. Setelah putaran stabil baca angka yang stabil pada *dial reading*
e. Ubah putaran *rotor* menjadi 600 *rpm.*
f. Setelah putaran stabil baca angka yang stabil pada *dial reading*
g. Selisih angka yang dibaca pada *dial reading* adalah viskositas plastik dari lumpur pengeboran dalam satuan *centipoise* (cp).



Gambar : *Viscometer*

Viskositas lumpur yang keluar dari dalam lubang akan bertambah bila *cutting* yang dibawa adalah *reactive solid*. Misalnya *clay* yang bereaksi dengan air tawar akan menaikkan viskositas lumpur. Viskositas lumpur pengeboran juga akan naik bila terkontaminasi oleh *anhydrite* dan *gypsum*. Selain dari itu viskositas lumpur pengeboran akan naik pula bila terlalu banyak padatan yang tidak bereksi di dalamnya. Karena padatan-padatan ini terkurung diantara padatan-padatan yang bereaksi.

Bila kenaikkan viskositas lumpur pengeboran disebabkan oleh terlalu banyak padatan yang tidak bereksi di dalamnya, viskositas lumpur dapat diturunkan dengan jalan menambahkan fasa cair kedalamnya, misalkan dengan menambahkan air. Untuk lumpur minyak fasa cair yang ditambahkan adalah minyak. Akan tetapi bila kenaikan viskositas lumpur pengeboran disebabkan terjadinya reaksi padatan yang reaktif dengan fasa cair atau terkontaminasi, maka untuk menurunkan viskositas adalah dengan menambahkan *thinner.*

Thinner yang ditambahkan antara lain adalah sebagai berikut :

a. *Sodium acyd pyro phosphate (SAPP)*
b. *Sodium tetra phosphate*
c. *Sodium hexa metha phosphate*
d. *Spersene (chrome ligno sulfonate, atau Q broxin)*
e. *Calcium ligno sulfonate*
f. *Chrome lignite*
g. *Alkaline tannate*
h. *Myrthan*
i. *Quebracho*

Bila formasi yang ditembus bertambah berat jenisnya, dan viskositas lumpur pengeboran kurang dari seharusnya, maka viskositas lumpur harus dinaikkan. Untuk menaikkan viskositas lumpur ditambahkan *additive* yang disebut dengan *viscosifier*.

Viscosifier antara lain :

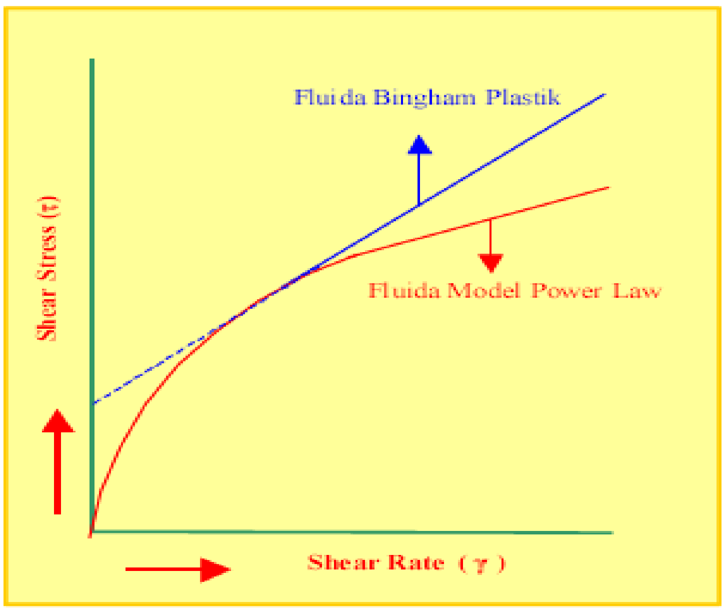
a. *Bentonite*
b. *Montmorillonite*
c. *Sodium Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*
d. *Sodium Hydroxy Ethyl Cellulose (HEC)*
e. *Polymer*
f. *Poly sacharide*
g. Semen
h. Kapur
i. *Asphalt*
j. Minyak

B. *Yield Point*

Viskositas lumpur pengeboran adalah *shearing stress* untuk mengalirkan lumpur dibagi dengan *shearing rate* yang dihasilkan. Sedangkan *yield point* adalah *shearing stress* minimum yang diperlukan untuk membuat lumpur bisa mengalir atau bersirkulasi.

Yield point lumpur pengeboran juga diukur dengan *viscometer* seperti viskositas plastik. *Yield point* adalah selisih angka yang terbaca pada *dial reading* untuk putaran 300 *rpm* dengan harga viskositas plastik.

Satuannya adalah dalam … lb/100 ft^2



Gambar : *Yield Point* hasil ekstrapolasi garis lurus antara pembacaan dial 300 dan dial 600

5.3 Pressure Loss

Pressure loss adalah kehilangan tekanan diwaktu fluida mengalir. Dalam operasi pengeboran *pressure loss* merupakan tekanan yang diperlukan untuk mengalirkan lumpur melalui saluran sirkulasi. *Pressure loss* sering juga disebut dengan *pressure drop.*

Pressure loss pada sirkulasi pengeboran dapat dibagi menjadi dua, yaitu :

- *Pressure loss parasitic*
- *Pressure loss* di bit.

Tenaga minimum yang yang diperlukan untuk mensirkulasikan lumpur disebut dengan *hydraulic horse power*. Tenaga ini tergantung kepada :

- *Pressure loss* sepanjang saluran sirkulasi
- *Rate* aliran lumpur pengeboran.

2.1.6 *Pressure loss Parasitik.*

Pressure loss parasitic adalah *pressure loss* melalui saluran sirkulasi selain dari bit. *Pressure loss* ini adalah sebagai berikut :

- *Pressure loss* melalui *drill pipe*
- *Pressure loss* melalui *drill collar*
- *Pressure loss* melalui *annulus drill collar* dengan lubang terbuka
- *Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka
- *Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan *casing*
- *Pressure loss* melalui peralatan permukaan, yaitu melalui
    - *stand pipe*
    - *rotary hose*
    - *swivel*
    - *Kelly.*

A. *Pressure Loss* Melalui *Drill pipe.*

Pressure loss melalui *drill pipe* tergantung kepada :

- Viskositas plastik lumpur,
- Panjang *drill pipe*
- Kecepatan aliran lumpur melalui *drill pipe*
- *Inside diameter* dari *drill pipe*
- *Yield point* lumpur
- *Densitas* lumpur

Pressure loss melalui *drill pipe* bila jenis aliran adalah laminar adalah sebagai berikut :

$$\Delta P_{DP} = \frac{(PV) \quad x \quad L_{DP} \quad x \quad V_{DP}}{1500 \quad (ID_{DP})^2} + \frac{(YP) \quad x \quad (L_{DP})}{225 \quad (ID_{DP})}$$

Dimana :

PV = Viskositas plastik lumpur, *cp*

Ldp = Panjang *drill pipe*, *ft*

Vdp = Kecepataan aliran dalam *drill pipe* . *fps*

YP = *Yield point* lumpur. Lb/100 ft^2

IDdp = *Inside diameter drill pipe* . *inch*

Pressure loss melalui *drill pipe* untuk aliran *turbulent* adalah :

$$\Delta P_{DP} = \frac{f \quad x \quad L_{DP} \quad x \quad Bj \quad x \quad V_{DP}^{\ 2}}{25.8 \quad ID_{DP}}$$

Dimana :

f = Faktor gesekan, tanpa satuan

BJ = Berat jenis lumpur, *ppg*

B. <u>*Pressure Loss* Melalui *Drill Collar.*</u>

Pressure loss melalui *drill collar* tergantung kepada :

– Viskositas plastik lumpur,
– Densitas lumpur
– Panjang *drill collar*
– Kecepatan aliran lumpur melalui *drill collar*
– *Inside diameter* dari *drill collar*

– *Yield point* lumpur

Pressure loss melalui *drill collar* bila jenis aliran adalah laminar adalah sebagai berikut :

$$\Delta P_{DC} = \frac{(PV)\ x\ L_{DC}\ x\ V_{DC}}{1500\ (ID_{DC})^2} + \frac{(YP)\ x\ (L_{DC})}{225\ (ID_{DC})}$$

Dimana :

PV = Viskositas plastik lumpur, *cp*

Ldc = Panjang *drill collar*, *ft*

Vdc = Kecepataan aliran dalam *drill collar*, *fps*

YP = *Yield point* lumpur, lb/100 ft^2

IDdc = *Inside diameter drill collar* , *inch*

Pressure loss melalui *drill collar* untuk aliran turbulen adalah :

$$\Delta P_{DC} = \frac{f\ x\ L_{DC}\ x\ Bj\ x\ V_{DC}{}^2}{25.8\ ID_{DC}}$$

Dimana :

f = Faktor gesekan, tanpa satuan

BJ = Berat jenis lumpur, *ppg*

C. *Pressure loss* di *Annulus Drill Collar* dengan Lubang Terbuka

Pressure loss di dalam *annulus drill collar* dengan lubang terbuka untuk aliran turbulen adalah :

$$\Delta P_{an}\ dc/h = \frac{f\ x\ L_{an}\ dc/h\ x\ Bj\ x\ (V_{an} dc/h)^2}{25.8\ (dh - OD_{DC})}$$

Dimana :

∆Pan dc/h	=	*Pressure* melalui *annulus drill collar* dengan lubang terbuka, *psi*
F	=	Faktor gesekan, tanpa satuan
BJ	=	Berat jenis lumpur, *ppg*

Bila aliran adalah laminer, maka *Pressure loss* melalui *annulus drill collar* dengan lubang terbuka adalah sebagai berikut :

$$\Delta P_{an} dc/h \quad = \quad \frac{(PV) \quad x \quad L_{an} dc/h \quad x \quad V_{an} dc/h}{1000 \quad (dh - OD_{dc})^2} \quad + \quad \frac{(YP) \quad x \quad L_{an} dc/h}{200 \quad (dh - OD_{dc})}$$

Dimana :

∆Pan dc/h	=	*Pressure loss* melalui *annulus drill collar* dengan lubang terbuka, *psi*
BJ	=	Berat jenis atau *densitas* lumpur, *ppg*
Lan dc/h	=	Panjang *annulus drill pipe* melalui *annulus drill collar* dengan lubang terbuka, *fps*
ODdc	=	*Outside diameter drill collar* , *inch*
dh	=	Diameter lubang terbuka, *inch*

D. *Pressure loss* di *Annulus Drill Pipe* dengan Lubang Terbuka

Pressure loss di dalam *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka untuk aliran *turbulent* adalah :

$$\Delta P_{an} dp/h \quad = \quad \frac{f \quad x \quad L_{an} dp/h \quad x \quad Bj \quad x \quad (V_{an} dp/h)^2}{25.8 \quad (dh - OD_{dp})}$$

Dimana :

∆Pan dp/h	=	*Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka, *psi*
f	=	Faktor gesekan, tanpa satuan
BJ	=	Berat jenis lumpur, *ppg*

Bila aliran adalah laminer, maka *Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka adalah sebagai berikut :

$$\Delta P_{an} dp/h = \frac{(PV) \quad x \quad L_{an} dp/h \quad x \quad V_{an} dp/h}{1000 \quad (dh - OD_{dp})^2} + \frac{(YP) \quad x \quad L_{an} dp/h}{200 \quad (dh - OD_{dp})}$$

Dimana :

∆Pan dp/h	=	*Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka, *psi*
BJ	=	Berat jenis atau densitas lumpur, *ppg*
L_{an} dp/h	=	Panjang *annulus drill collar* melalui *annulus drill pipe* dengan lubang terbuka, *fps*
ODdp	=	*Outside* diameter *drill pipe*, *inch*
dh	=	Diameter lubang terbuka, *inch*

E. *Pressure loss* di *Annulus Drill Pipe* dengan *Casing*

Pressure loss di dalam *annulus drill pipe* dengan *casing* untuk aliran turbulen adalah:

$$\Delta P_{an} dp/c = \frac{f \quad x \quad L_{sn} dp/c \quad x \quad Bj \quad x \quad (V_{an} dp/c)^2}{25.8 \quad (ID_c - OD_{dp})}$$

Dimana :

∆Pan dp/c	=	*Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan *casing* , *psi*
f	=	Faktor gesekan, tanpa satuan
BJ	=	Berat jenis lumpur, *ppg*

Bila aliran adalah laminer, maka *Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan *casing* adalah sebagai berikut :

$$\Delta P_{an} dp/c = \frac{(PV) \quad x \quad L_{an} dp/c \quad x \quad V_{an} dp/c}{1000 \quad (ID_c - OD_{dp})^2} + \frac{(YP) \quad + \quad L_{an} dp/c}{200 \quad (ID_c - OD_{dp})}$$

Dimana :

ΔPan dp/c	=	*Pressure loss* melalui *annulus drill pipe* dengan *casing* , *psi*
BJ	=	Berat jenis atau *densitas* lumpur, *ppg*
Lan dp/c	=	Panjang *annulus drill collar* melalui *annulus drill pipe* dengan *casing* , *fps*
ODdp	=	*Outside diameter drill pipe* , *inch*
Idc	=	*Inside diameter dari casing, inch*

F. *Pressure loss* di *Bit*

Pressure loss aliran lumpur melalui bit tergantung kepada:

– *Rate* aliran lumpur
– Berat jenis atau *densitas* lumpur
– *Coefisient of discharge*
– Luas *bit nozzle*

Secara matematik *Pressure loss* di *bit* dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta P_b \quad = \quad \frac{Q^2 \quad x \quad Bj}{12032 \quad (C_d)^2 \quad (A_n)^2}$$

Dimana :

Q	=	Kapasitas aliran, *gpm*
ΔPb	=	*Pressure loss* di *bit*, *psi*
An	=	Luas *nozzle*, *square inch*
Cd	=	*Coeficien of discharge*, tanpa satuan
BJ	=	berat jenis atau densitas lumpur pengeboran , *ppg*.

Bila *nozzle* terdiri dari tiga ukuran yang berbeda maka :

$$An = \pi/4 \{ (d_1)^2 + (d_2)^2 + (d_3)^2 \}$$

Dimana :

An = Luas penampang dari ketiga nozzle, *inch*

d_1 = Diameter *nozzle* yang pertama, *inch*

d_2 = Diameter *nozzle* yang kedua, *inch*

d_3 = Diameter *nozzle* yang ketiga, *inch*

G. <u>*Pressure loss* Melalui Peralatan Permukaan</u>

Peralatan permukaan dikelompokkan sebagai berikut :

- *Stand pipe*
- *Rotary hose*
- *Swivel*
- *Kelly*

Pressure loss melalui peralatan permukaan tergantung kepada :

- *Pressure loss* melalui *drill pipe*
- Panjang *drill pipe*
- Panjang ekivalen peralatan permukaan

Pressure loss melalui peralatan permukaan dicari dengan persamaan berikut :

$$\Delta P_{SC} = \Delta P_{dp} \quad x \quad \frac{L_{ek}}{L_{dp}}$$

Dimana :

Lek = Panjang ekivalen peralatan permukaan , *ft*

ΔPsc = *Pressure loss* melalui peralatan permukaan, *psi*

ΔPdp = *Pressure loss* melalui *drill pipe, psi*

Ldp = Panjang *drill pipe, ft*

Panjang ekivalen peralatan permukaan tergantung kepada :

- Nomor kombinasi peralatan permukaan
- *Out side diameter* dan berat nominal *drill pipe*

Panjang ekivalen peralatan permukaan dapat dicari dengan menggunakan tabel berikut :

Tabel Panjang Ekivalen Peralatan Permukaan

Komponen Peralatan Permukaan	Komb. No. 1		Komb. No. 2		Komb. No. 3		Komb. No. 4	
	ID, IN	L, FT	ID, IN	L, FT	ID, IN	L, FT	ID, IN	L, FT
Stand pipe	2	40	3.5	40	4	45	4	45
Rotary hose	2	45	2.5	55	3	55	3	55
Swivel	2	4	2.5	5	2.5	5	3	5
Kelly	2.25	40	3.25	40	3.25	40	4	40
Outside Diameter Drill Pipe	Panjang Ekivalen,ft							
3.5 in	437		161					
4.25 in			761		479		340	
5 in					816		579	

2.1.7 *Horse Power*

Daya yang dibicarakan disini adalah :

- *Hydraulic horse power*
- *Paracitic horse power*
- *Bit hydraulic horse power*
- *Input horse power*
- *Brake horse power*

A. *Hydraulic Horse Power*

Hydraulic horse power adalah daya pompa minimum untuk mensirkulasikan lumpur pada operasi pengeboran. *Hydraulic horse power* tergantung pada :

– *Pressure loss total*

– *Rate* aliran

Hydraulic horse power ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$HHP = \frac{Q \;\; x \;\; \Delta P}{1714}$$

Dimana :

ΔP = *Pressure loss* pada sistem sirkulasi lumpur, *psi*

Q = *Rate* pemompaan, *gpm*

HHP = *Hydraulic horse power*, *hp*

Pressure loss pada sistem sirkulasi lumpur atau *Pressure loss* total adalah :

ΔP = ΔP dp + ΔP dc + ΔP andp + ΔP andc + ΔP b + ΔP sc

Untuk mendapatkan hidrolika pengeboran yang optimum *bit hydraulic horse power* adalah enam puluh lima persen dari *hydraulic horse power*. Atau *Pressure loss* di *bit* adalah enam puluh lima persen dari *Pressure loss total*. Untuk mendapatkan hal ini caranya adalah dengan mengatur diameter *bit nozzle* yang digunakan.

B. *Paracitic Horse Power*

Paracitic horse power tergantung kepada :

– *Pressure loss paracitic*

– *Rate* aliran

Paracitic horse power dihitung dengan persamaan :

$$PHP = \frac{Q \;\; x \;\; \Delta P_P}{1714}$$

Dimana :

ΔP p = *Pressure loss paracitic, psi*

Q = *Rate* pemompaan, *gpm*

PHP = *Hydraulic horse power, hp*

C. *Bit Hydraulic Horse Power*

Bit hydraulic horse power tergantung kepada :

- *Pressure loss* di *bit*
- *Rate* aliran

Bit hydraulic horse power dihitung dengan persamaan :

$$BHHP = \frac{Q \quad x \quad \Delta P_b}{1714}$$

Dimana :

ΔP b = *Pressure loss di bit, psi*

Q = *Rate* pemompaan, *gpm*

BHHP = *Bit Hydraulic horse power, hp*

D. *Input Horse Power*

Input horse power adalah tenaga yang masuk pompa untuk menggerakkan pompa lumpur. Persamaan untuk menghitung *input horse power* adalah :

$$IHP = \frac{HHP}{Em \quad x \quad Ev}$$

Dimana :

IHP = *Input horse power, hp*

Em = *Effisiensi mekanis*

Ev = *Effisiensi volumetris*

Efisiensi mekanis adalah untuk mengantisipasi kehilangan tenaga dari komponen yang bergerak. Effisiensi volumetris adalah untuk mengantisipasi kehilangan tenaga akibat terjadinya kebocoran atau pengurangan volume lumpur.

E. *Brake Horse Power*

Brake horse power adalah tenaga yang diperlukan oleh motor penggerak untuk menggerakkan pompa lumpur agar dapat mensirkulasikan lumpur, Persamaan untuk menghitung *brake horse power* adalah :

$$BHP = \frac{IHP}{Et}$$

Dimana :

BHP = *Brake Horse Power*

Et = Effisiensi transmisi

Effisiensi transmisi adalah untuk mengantisipasi kehilangan tenaga di transmisi antara tenaga penggerak ke pompa.

BAB VI
MASALAH DALAM PEMBORAN
(HOLE PROBLEM)

Masalah-masalah yang paling sering terjadi pada saat operasi pemboran berlangsung. Sebagian besar materi modul ini diambil dari beberapa artikel maupun literatur terbaru yang pada saat ini banyak digunakan dalam industri perminyakan.

Masalah pemboran (hole problems) secara umum dapat diklasifikasikan menjadi 3, yaitu :

- Pipa Terjepit (Pipe Stuck)
- Sloughing Shale, dan
- Hilang sirkulasi (Lost Circulation)

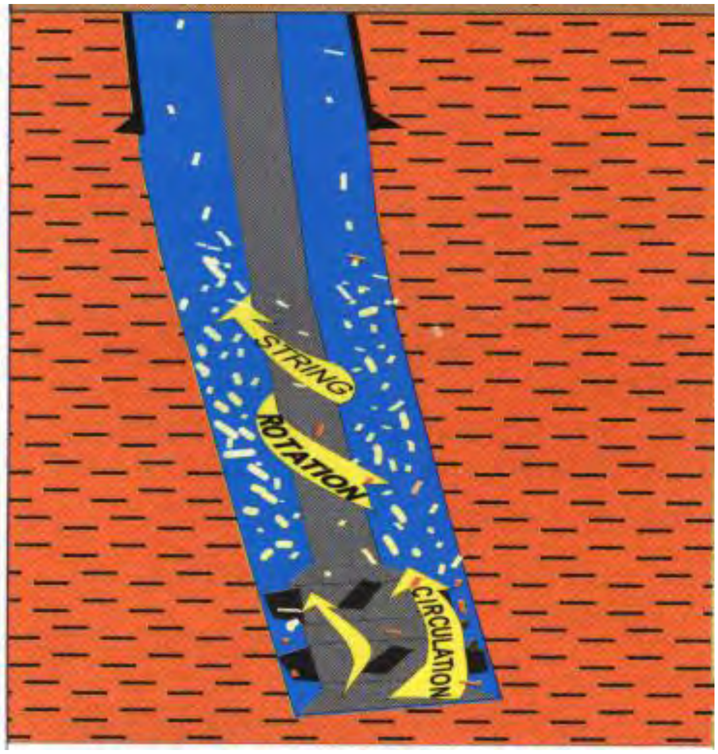
6.1 Pipa Terjepit (Pipe Stuck)

Proses pemboran tidak selalu berjalan dengan lancar dan aman, seringkali terjadi hambatan yang dapat mengakibatkan kerugian yang cukup besar. Yang dimaksud dengan hambatan disini adalah hambatan yang terjadi didalam lubang bor (downhole problem). Hambatan yang terjadi diatas permukaan tanah dikategorikan sebagai problem mekanis.

Hambatan dalam lubang bor disini dapat dikelompokkan dalam kelompok besar sebagai berikut :

- Dinding lubang bor runtuh,
- Hilang lumpur,
- Pipa bor terjepit,
- Semburan liar.

Kusus semburan liar tidak akan dibahas disini, tetapi akan dibahas secara terpisah dalam bab Pengendalian Tekanan Formasi.



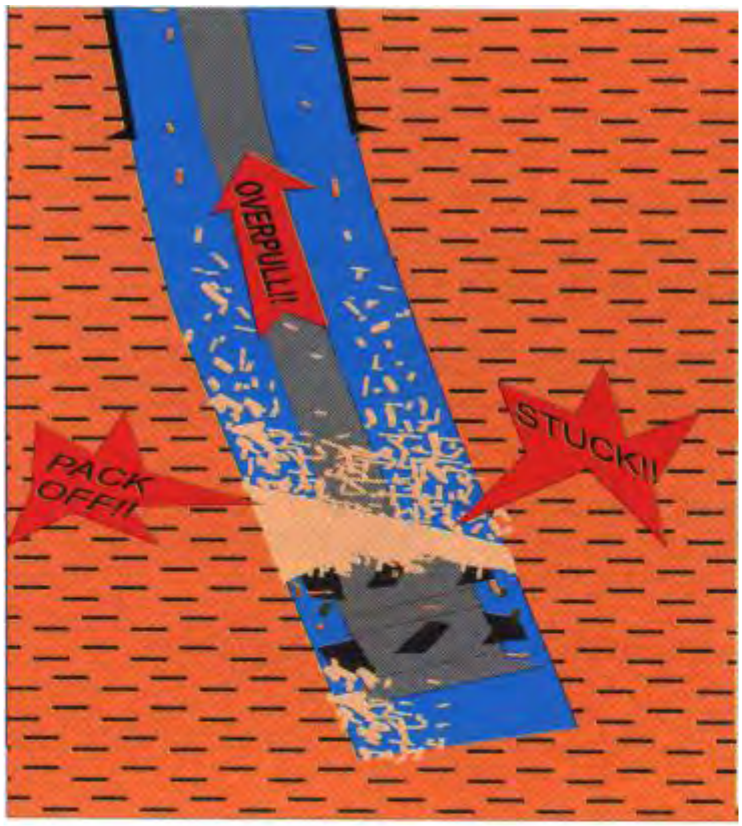
Gambar ; Pipa terjepit (Pipe Stuck)

6.2 Dinding Lubang Bor Runtuh

6.2.1 Masalah

Dinding lubang bor runtuh (*caving, sloughing*) biasa terjadi pada formasi shale, dan masalah ini sering disebut sebagai “Shale Problem“. Hal ini terutama berkaitan dengan stabilitas lubang bor selama pemboran. Tidak stabilnya lubang bor ini selanjutnya dapat mengakibatkan masalah-masalah lain, seperti :

- Masalah pembersihan lubang bor :
  - Lubang bor membesar, karena runtuh,
  - Biaya lumpur bertambah besar,
  - Penyemenan kurang baik.
- Pipa bor sering terjepit, dan dapat berakibat :
  - Masalah pemancingan,
  - Pemboran samping (*Sidetracking*),
  - Penutupan sumur (*Abandonment*).



Gambar ; Dinding lubang runtuh

6.2.2 Jenis dan sifat shale

- Shale adalah batuan endapan (*Sedimentary rock*),
- Pengendapan terjadi didalam *marine basin*,
- Tersusun dan *compacted mud silt*, *clays*.

Kandungan mineral yang ada didalam *shale* antara lain :

- *Montmorrilonite* (endapan dangkal, menghisap air / *swelling*),
- *Lilitic clay minerals* (lebih dalam, tidak menghisap air),
- Chlorite, Kaolinite.

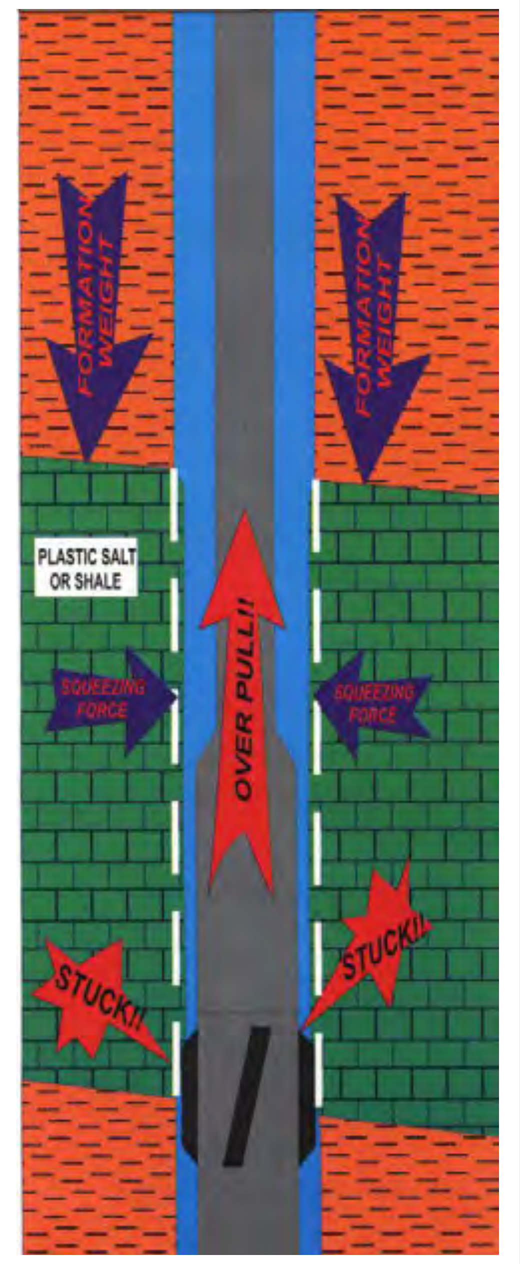
6.2.3 Sebab shale tidak stabil

Dari formasi :

- Tekanan overburden besar,
- Tekanan formasi besar,
- Gerakan tektonik.
- Pengaruh penyerapan air.

Dari pengaruh operasi pemboran :

- Erosi, kecepatan lumpur dianulus terlalu besa
- Gesekan pipa bor pada lubang bor,
- Pengaruh penekanan dan penyedotan (*pressure surge* dan *swabbing*, pada operasi cabut dan masuk pahat),
- Garam yang larut kedalam lumpur.



Gambar ; Shale problem

6.2.4 Gejala shale problem

- Tekanan pompa naik,
- Torsi naik,
- Hambatan waktu cabut atau masuk pahat (*bridge* dan *fill-up*),
- Gumpalan pada pahat (*bit balling*).

Perubahan sifat-sifat lumpur :

- Berat lumpur tambah,
- Viskositas lumpur tambah,
- Air filtrasi tambah,
- Serbuk bor tambah.

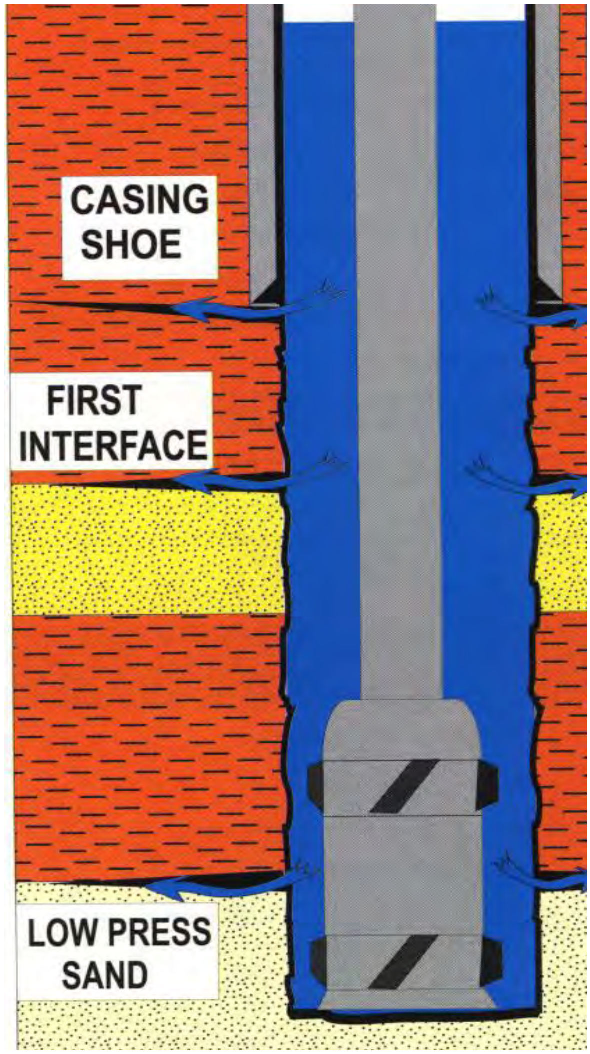
6.2.5 Usaha untuk mengatasi masalah shale

- Pendekatan dengan *drilling* parameter :

  Mengurangi kemungkinan gesekan pipa bor pada dinding lubang bor, dengan menambah tegangan pipa bor atau mengurangi beban pada pahat serta mengurangi kecepatan putaran meja.
- Pendekatan dengan lumpur bor :
  - Pada pemakaian *water-base mud* perlu diperhatikan agar :
    - Berat lumpur cukup, mungkin bahkan ditambah.
    - Air filtrasi serendah mungkin, dapat dengan penambahan thinner.
    - pH lumpur cukup
  - Pemakaian *polymer mud*
  - Pemakaian *Oil Emulsion Mud*.

6.3 Hilang Lumpur

Dalam proses pemboran sering lumpur hilang masuk kedalam formasi. Kehilangan lumpur ini dapat hanya sedikit (*seepage loss*), lumpur berkurang karena adanya rongga-rongga kecil dalam formasi batuan. Hilang lumur sebagian (*partial loss*) selama pemboran formasi yang ditembus terjadi rekahan secara alami (*natural fracture*) atau terdapat permealibitas yang tinggi pada batuan (*high permeability*). Atau bahkan lumpur sama sekali tidak mengalir keluar ke permukaan (*total loss*) disebabkan menembus formasi berongga besar (goa-goa) diindikasikan tekanan pompa lumpur menurun drastis.



Gambar ; Hilang Sirkulasi Sedikit (*Seepage Loss*)

2.3.1 Sebab-sebab hilang lumpur

Sebab-sebab hilang lumpur antara lain :

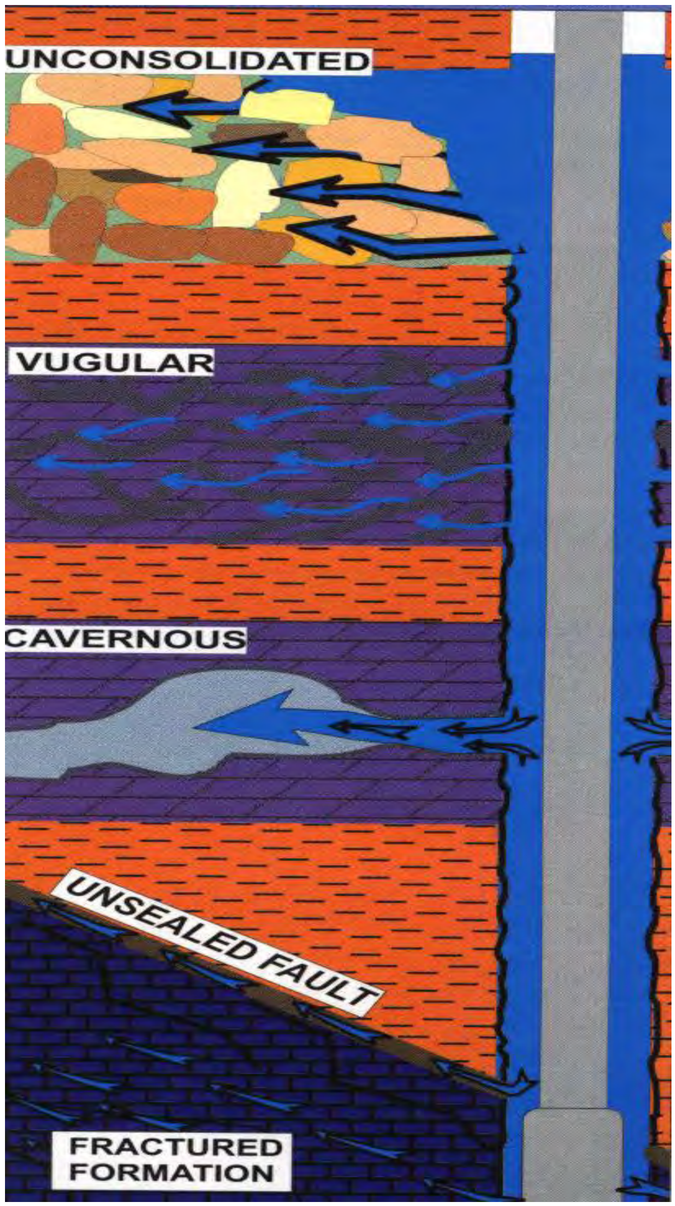
- Formasi yang *porous* dan *permeable* (*sand*, *gravel*)
- Formasi yang bergua (*cavernous formation: limestone, dolomite*)
- Adanya rekahan, retakan atau patahan (*fissure*, *fracture*, *fault*)
- Tekahan ini dapat alamiah (*natural*) ataupun karena pengaruh dari luar.

2.3.2 Gejala hilang Lumpur

Gejala yang tampak jelas pada waktu pemboran :

- Volume lumpur di tangki berkurang.
- Arus lumpur di flowline berkurang.

Waktu cabut pahat, volume lumpur untuk mengisi lubang lebih besar dari volume pipa, waktu masuk pahat volume lumpur yang keluar lebih sedikit dari volume pipa.



Gambar ; Hilang Sirkulasi Sebagian (*Partial Loss*)

Pencegahan yang harus dilakukan agar lumpur tidak hilang adalah ;

- Pemakaian lumpur yang ringan, tetapi cukup untuk menahan tekanan formasi,
- Tekanan pompa rendah, serta *drilling practice* yang baik.

Selama proses pemboran ada kemungkinan terjadi beberapa hambatan-hambatan yang mengakibatkan terganggunya pengeboran tersebut. Hal yang umum terjadi adalah :

- *Caving* atau dinding lubang bor runtuh,
- Pipa bor terjepit,
- *Well kick*, dan atau semburan liar.

<u>Dinding lubang runtuh (Caving)</u>

Usaha untuk mengatasi hilang Lumpur yaitu ;

- Kurangi berat lumpur,
- Kurangi tekanan pampa,
- Pemakaian bahan penyumbat dalam lumpur,
- Penyumbatan sumur.

Berikut beberapa bahan penyumbat dalam lumpur dapat dilihat pada table dibawah ini.

Contoh bahan penyumbat (*Lost Circultion Material*)

Bentuk	**Ukuran**	**Kasar**	**Sedang**	**Halus**
Granular		Wall Nut Shell	Wall Nut Shell	
Fibrous		Rumput, akar wangi batang padi	Serbuk gergaji, kulit padi, ampas tebu	Catton, Asbest
Flake				Mica

Bahan penyumbat (LCM) ini disediakan oleh perusahaan penyedia dengan nama

dagang yang berbeda. Bahan penyumbat diaduk dengan lumpur, dipompakan kedalam tempat yang diperkirakan sebagai tempat masuknya lumpur, dan bersifat sementara. Penyumbatan secara ini umumnya tidak cukup kuat, sehingga setelah sirkulasi berhasil diupayakan, agar segera diperkuat dengan casing dan disemen.

Ada bahan dan cara penyumbatan yang lain :

- *Bentonite Diesel Oil Plug* (BDO Plug)
- *Bentonite Diesel Oil Cement Plug* (BDOC Plug)
- *Cement Plug*

6.4 Jepitan Pada Pipa Bor

Adakalanya pipa bor terjepit didalam lubang bor. Pipa bor dapat terjepit karena benda atau peralatan kecil yang jatuh kedalam lubang bor, namun yang akan dibahas disini terutama jepitan yang timbul karena sifat-sifat formasi. Kalau jepitan tidak dapat dilepaskan mungkin pipa terpaksa dipotong, pipa bor dapat juga patah. Pipa atau barang-barang lain tadi harus dikeluarkan dulu dari dalam lubang bor sebelum pemboran dapat dilanjutkan. Pipa atau barang yang ketinggalan didalam lubang bor biasa disebut sebagai ikan (*fish*), sedang alat untuk mengambilnya disebut sebagai alat pancing (*fishing tool*), dan pekerjaan mengambil ikan disebut sebagai pemancingan.

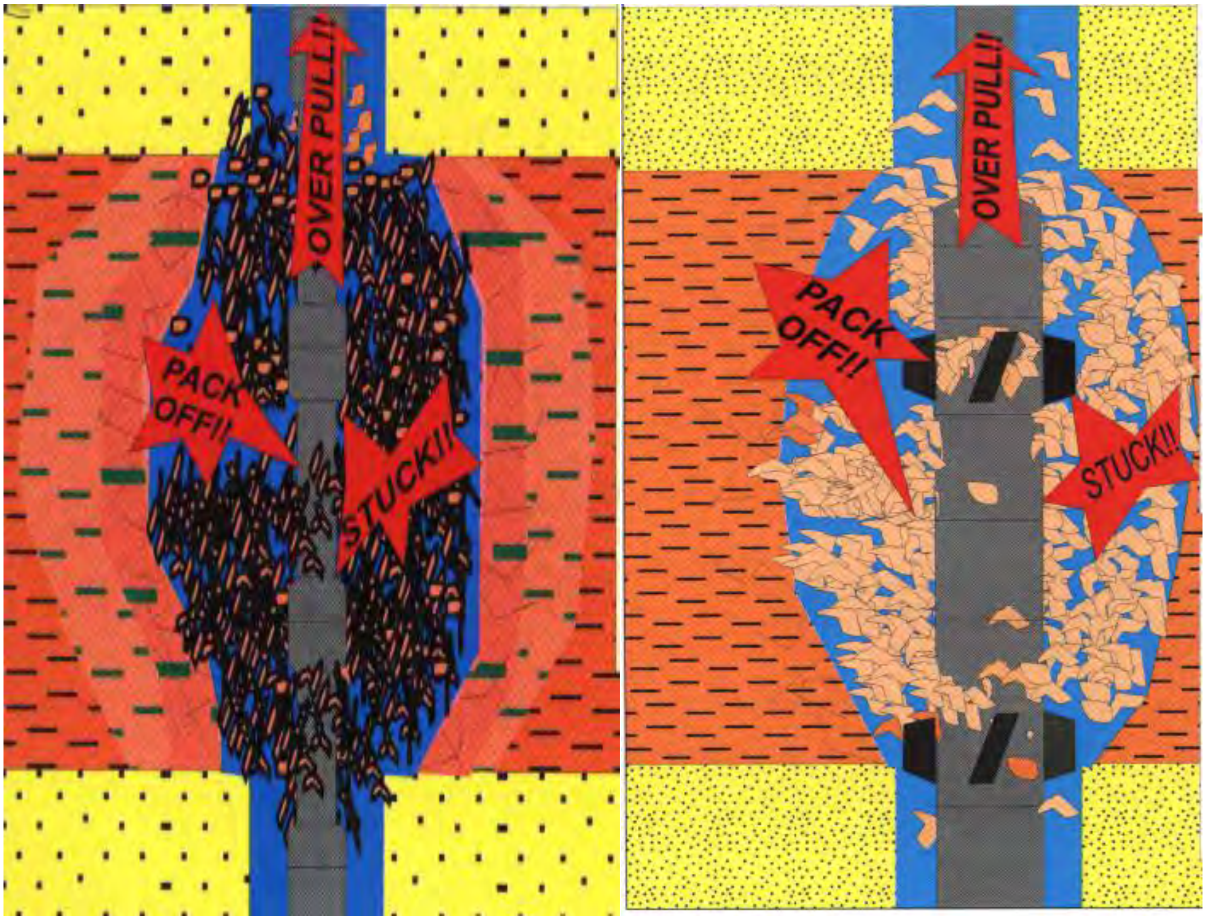
2.3.3 Jenis dan sebab jepitan

Pada dasarnya ada 3 jenis jepitan dengan sebab yang berbeda, ialah :

- Dinding lubang bor runtuh (*caving*),
- *Key seat*,
- *Differential pressure sticking*.

Dinding lubang bor runtuh (*caving*)

Jenis jepitan yang pertama adalah dinding lubang bor runtuh. Bab ini sudah dibicarakan didepan, dan tidak akan diulang lagi.



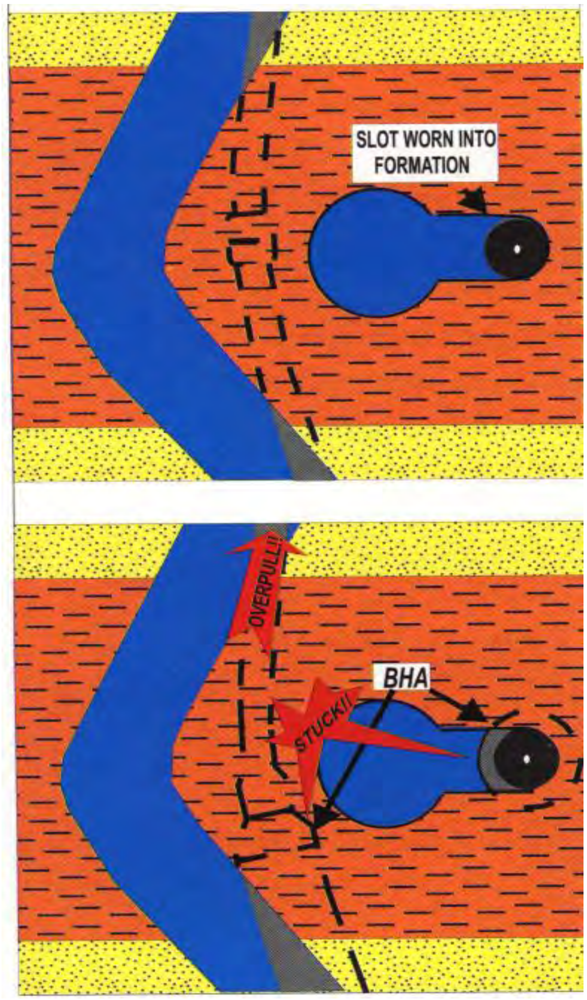
Gambar ; Dinding Lubang Runtuh (Caving)

2.3.4 Key Seat

Jenis yang kedua adalah *key seat*, bentuk seperti lubang kunci. Lubang kunci terjadi karena gesekan pipa bor pada dinding lubang bor yang miring. Pipa bor selalu bergesekan dengan dinding lubang bor bagian atas, sehingga lubang bor berpindah keatas, dan sempit hanya seukuran pipa bor. Pada waktu pahat dicabut, maka drill collar akan menyangkut pada penyempitan tersebut. Ciri-ciri khasnya antara lain :

- Sirkulasi normal, tidak ada hambatan,
- Jepitan terjadi saat mencabut pahat,
- Jepitan terjadi secara bertahap, tidak tiba-tiba,
- Pipa bor mungkin bisa diputar,
- Jepitan hanya terjadi pada lubang bor yang miring.

Usaha pencegahannya adalah dengan jalan menghindari kemiringan lubang bor. Kalau memang lubang akan dibelokkan, maka kecepatan pembelokan (*dog leg severity*) agar kecil saja, tidak lebih dari 3^0/100 ft. Kalau ingin kecepatan pembelokan yang lebih besar, maka pembelokan harus berada di formasi yang keras. Kemungkinan lain adalah pemboran dengan memakai *Downhole Mud Motor*, jadi tidak perlu memutar pipa bor. Cara ini diterapkan untuk pemboran miring atau bahkan pemboran horisontal yang banyak dilakukan pada waktu akhir-akhir ini. Kalau jepitan sudah terjadi, cara mengatasinya akan dibahas dalam bab pemancingan.

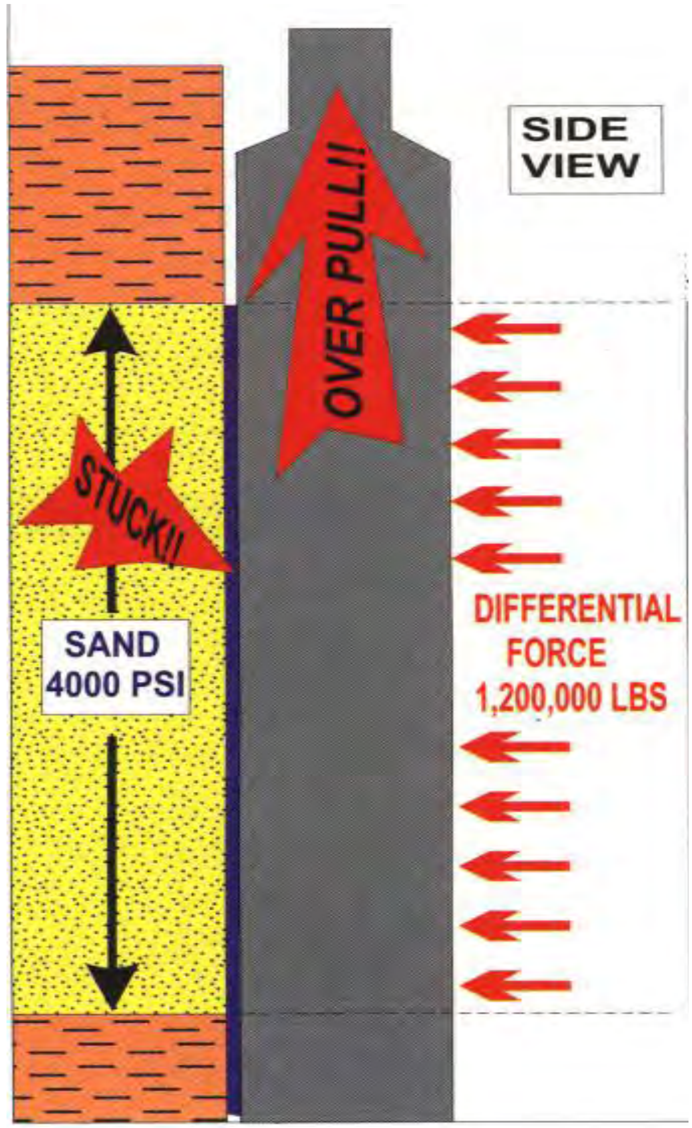


Gambar ; Key Seat

2.3.5 *Differential Pressure Sticking*

Sebab-sebab terjadinya jepitan jenis ini antara lain :

- Formasi porous dan permeable,
- Tekanan formasi rendah,
- Lumpur terlalu berat,
- Air filtrasi besar, mud cake tebal,
- Susunan *Bottom Hole Assembly* serta drilling parameter yang kurang tepat.



Gambar ; Differential Pressure Sticking

Beberapa usaha pencegahan antara lain :

- Berat lumpur dikurangi,
- Air filtrasi dibuat serendah mungkin,
- Pemberian pelumasan atau mengganti lumpur dengan Oil Emulsion Mud atau bahkan Oil Base Mud,
- Mengurangi kelenturan drill collar,
- Pemakaian stabilizer, spiral-grooved drill collar atau bahkan square drill collar.

Beberapa ciri khas jepitan ini adalah bahwa sirkulasi lumpur berjalan normal tanpa hambatan, dan jepitan umumnya terjadi sesaat setelah penyambungan pipa atau setelah pipa bor berhenti bergerak.

6.5 Pemancingan

Dalam kenyataannya pemboran sumur tidak selalu lancar. Sering terjadi hambatan, antara lain pipa bor terjepit, pipa bor patah, pahat lepas, ada kunci atau gigi slip jatuh kedalam lubang bor dan sebagainya. Pipa yang terjepit harus dapat dibebaskan, barang yang jatuh harus dapat diambil. Pekerjaan mengatasi hambatan ini biasa disebut sebagai pemancingan (*fishing job*), dan alatnya disebut sebagai alat pancing (*fishing tools*). Memang ada alat pancing, ada pedaman operasi pemancingan, namun pekerjaan pemancingan juga merupakan suatu seni tersendiri. Tidak semua pemancingan berhasil. Dua kondisi pemancingan yang mempunyai banyak kemiripan, namun bisa saja yang satu berhasil sedangkan lainnya tidak.

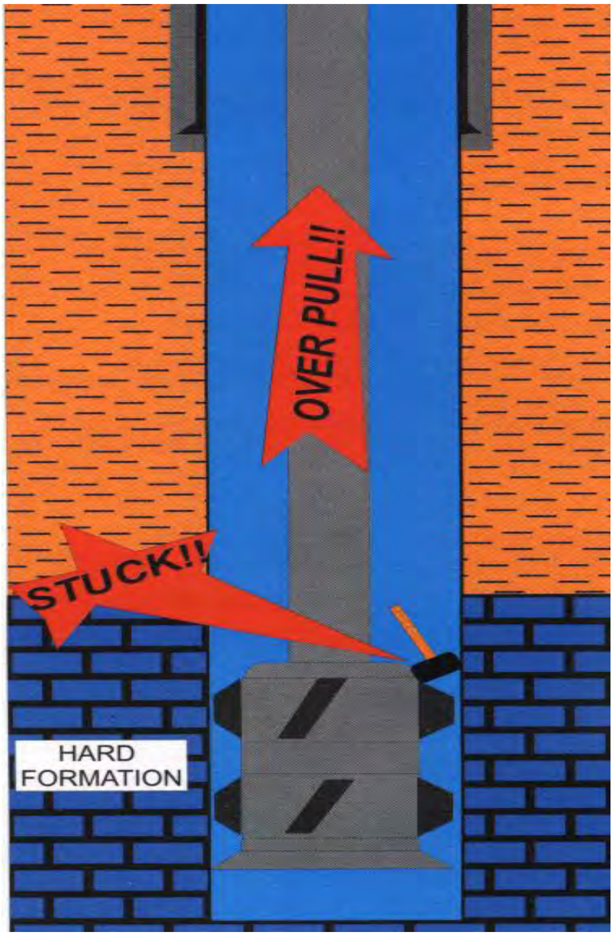
Pemancingan selalu menimbulkan kerugian. Meskipun pemancingan mungkin dapat berhasil, namun paling tidak sudah menimbulkan kerugian berupa waktu mati yang sangat besar nilainya. Lebih lagi kalau pemancingan tidak berhasil, berarti harus mengorbankan sebagian pipa bor atau bahkan sumurnya sendiri. Masalah pipa bor terjepit dalam lubang bor sudah dibicarakan dalam bab tersendiri mengenai hambatan dalam pemboran. Bila pipa bor yang terjepit tidak dapat dilepas, maka mungkin terpaksa dipotong dan kemudian dipancing.

6.6 Jenis ikan

Ada beberapa jenis ikan yang mungkin terdapat didalam lubang bor. Jenis dan ukurannya dapat bermacam-macam, tergantung dari situasi serta penyebab adanya ikan tersebut.

Jenis ikan dapat dikelampokkan sebagai benikut :

- Pipa bor atau pahat terjepit,
- Pipa bor lepas atau patah,
- Pahat bor terlepas sebagian atau seluruhnya dan terjatuh kedalam lubang bor,
- Pipa selubung terjepit, pecah, gepeng (*collapse*) atau lepas,
- Kabel swab atau kabel logging putus,
- Peralatan atau benda-benda kecil jatuh kedalam lubang bor.



Gambar ; Benda Jatuh (Junk)

6.7 Alat Pancing

Jenis-jenis alat pancing tidak banyak berubah dalam beberapa tahun terakhir ini. Yang terjadi adalah perbaikan dalam mutu bahan, serta perubahan dalam modelnya.

Alat pancing dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- Alat pancing untuk pipa dari luar adalah Die Collar, Overshot.
- Alat pancing untuk pipa dari dalam adalah Taper Tap, Spear

Alat pancing benda kecil : *Fishing Magnet, Junk Basket, Reverse Circulation Junk Basket*

Alat pancing kabel : Cable Spear

Alat pemukul : Bumper Sub

- Jar antara lain :
  - Mechanical Rotary Jar
  - Hydraulic Jar
  - Surface Jar
  - Jar Accelerator

Alat penyelamat : Safety Joint

Lain-lain :

- Knuckle Joint
- Casing Roller
- Casing Patch
- Milling Tools
- Impression Block
- Wash Pipe

Banyak perusahaan membuat jenis alat yang sama, tetapi dengan model yang berbeda. Dibawah ini akan dibahas contoh dan alat pancing tersebut serta kegunaan dan cara penggunaannya. Pengambilan sesuatu produk tidak berarti bahwa produk tersebut adalah yang terbaik dari jenisnya, melainkan hanya sekedar contoh dari jenis produk tersebut.

2.3.6 Die Collar

Die Collar adalah alat pancing berupa patongan pipa (*sub*) yang didalamnya mempunyai, ulir (gambar 1). Pada ujung bawahnya biasanya mempunyai bentuk seperti gigi (*mill*). Alat ini diturunkan dengan pipa bor, diputar pada pipa atau ikan yang akan ditangkap. Ulir pada Die Collar akan membuat ulir pada ikan, dan berarti ikan dapat ditangkap. Bila Die Collar ini sudah menggigit, susah dilepaskan kembali

bila ternyata ikan belum dapat ditarik. Die Collar sekarang jarang dipakai, sebagai gantinya dipakai *Overshot*.



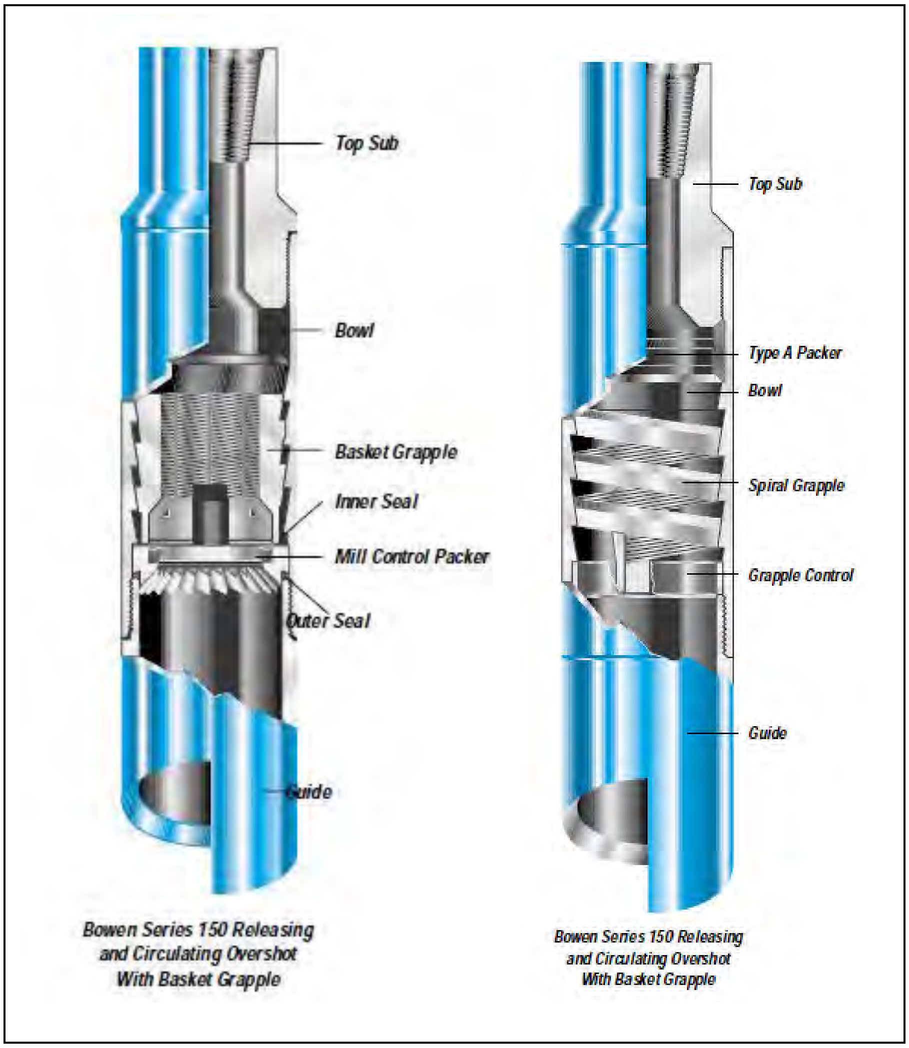
Gambar ; Die Collar

2.3.7 Overshot

Overshot merupakan alat untuk menangkap pipa dari luar. Bagian dalam dari badan overshot berbentuk tirus menyempit kebawah. Bagian penting didalam overshot adalah *grapple*, yang bagian dalamnya mempunyai gigi (*slip*), sedangkan bagian luarnya berbentuk tirus yang sesuai dengan tirus pada badan *overshot*. Apabila overshot diturunkan kedalam lubang bor dan menangkap ikan berupa patahan pipa, maka pipa akan dapat masuk kedalam overshot sampai ikan mencapai top sub. Saat ini grapple masih dalam keadaan longgar. Bila tiba-tiba overshot diangkat, maka grapple akan terjepit didalam badan overshot, dan selanjutnya grapple akan menjepit

ikan. Sekarang ikan siap ditarik. Namun sebelum ditarik, sebaiknya disirkulasi dulu. Agar tidak bocor, maka dibawah top sub dipasang penyekat karet (*packer*).

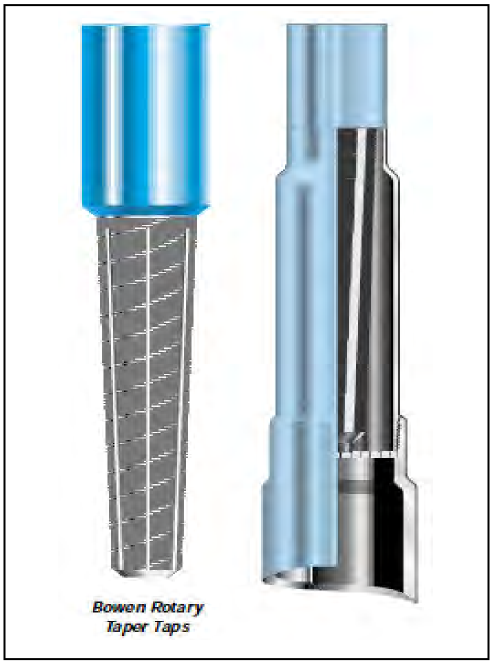
Di bagian ujung overshot dapat dipasang pengait (*hook*) untuk mengait ikan bila misalnya ikan bersandar pada dinding lubang bor. Didalam overshot dibagian bawah juga terdapat gigi (*mill*) untuk meratakan ujung ikan kalau perlu. Ada juga overshot yang mempunyai dua ukuran grapple. Ini diperlukan bila lokasi putusnya ikan tidak jauh dari sambungan (*tooljoint*). Overshot akan menangkap ikan mana yang masuk lebih dulu, taoljoint atau pipanya. Bila ternyata ikan belum dapat terangkat, overshot dapat dilepas dengan jalan menghentakkan kebawah, dan memutar kekanan pelan-pelan. Ada dua macam grapple, ialah spiral grapple untuk pipa ukuran besar dan basket grapple bus yang dipancing pipa ukuran kecil seperti tubing.



Gambar : Overshot

2.3.8 Taper Tap

Taper tap adalah alat pancing untuk memancing pipa dari dalam, terutama pipa tubing dan casing. Taper tap bus sudah masuk kedalam ikan, diputar dan ditekan akan membuat ulir dan menangkap ikan. Tetapi seperti halnya pada die collar, taper tap ini susah dilepas kembali. Taper tap sekarang tidak dipakai lagi. Selanjutnya yang dipakai adalah Pipe Spear, seperti pada gambar 3. Ada maca-macam spear, namun kesamaannya adalah pada kamponen utamanya terdapat gigi (*slip*) pada bagian luar. Pada waktu turun slip ini dalam keadaan longgar, dan dapat dinaikkan atau diturunkan kedalam ikan. Namun bila sudah sampai tempat yang diinginkan slip ini dikembangkan dengan jalan memutar kekiri. Sekarang bila pipa bor ditarik, slip akan menggigit dan selanjutnya ikan akan terangkat. Bila misalnya ikan belum dapat terangkat, spear dapat dilepas kembali dengan jalan menghentakkan pipa bor kebawah, kemudian diputar kekanan pelan-pelan.



Gambar : Taper Taps

2.3.9 Fishing Magnet

Untuk mengambil benda kecil dari dalam lubang bor dapat dipakai magnet. Magnet

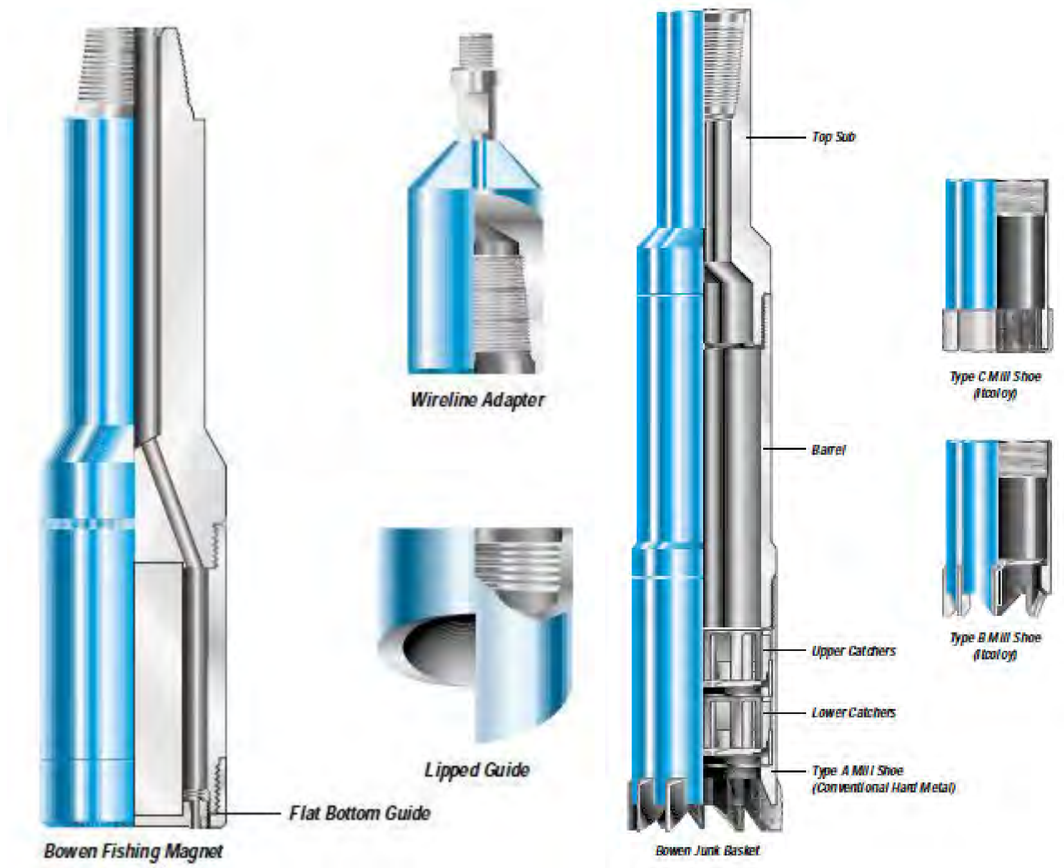
diturunkan dengan pipa bor. Benda-benda kecil berupa metal seperti gigi slip (*tong dies*), serbuk hasil milling dapat terangkat.

2.3.10 Junk Basket

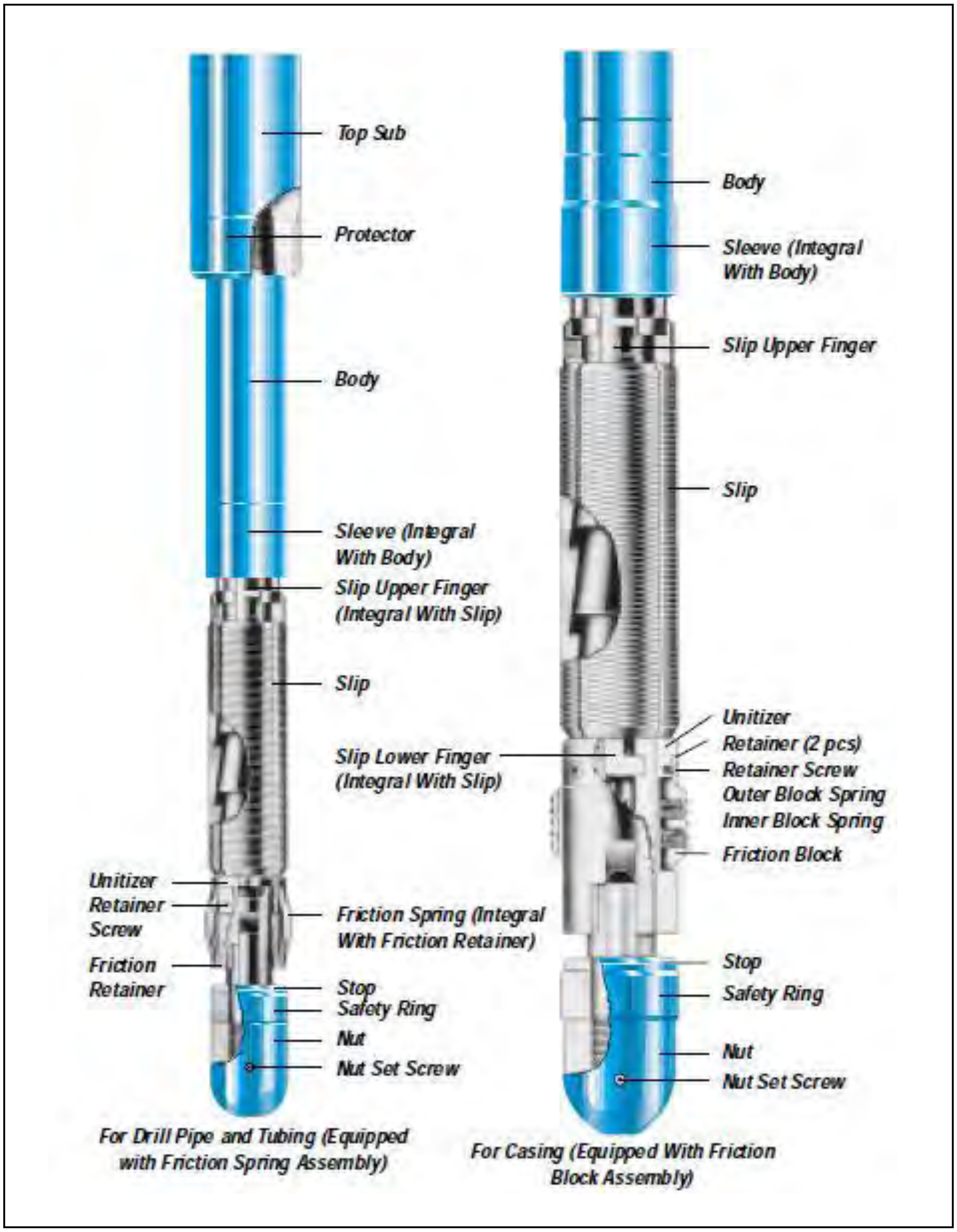
Junk basket juga untuk mengambil benda kecil berbagai ukuran, seperti gigi slip, atau bahkan seperti salah satu roller dan pahat. Ada bentuk sangat sederhana yang masih sering dipakai sampai sekarang, ialah junk basket dengan *finger type shoe*, sering disebut sebagai *Poor Boy Junk Basket*. Junk basket model ini dapat dibuat sendiri dengan potangan pipa casing yang bagian bawahnya dibelah dalam lidah-lidah kecil.

Model berikut adalah *Boot Type Junk Basket*, dipasang diatas pahat atau diatas mill untuk menangkap potongan kecil hasil milling. Untuk menangkap benda yang lebih besar dapat dipakai *Core Junk Basket*. Pipa bor tetap ditekan dan diputar, maka benda yang mau ditangkap diharapkan masuk kedalam junk basket, kemudian tertahan oleh gigi-gigi penangkap (*catcher*).

Namun yang terbaik adalah model *Reverse Circulation Junk Basket*. *Junk basket model* ini diturunkan dengan pipa bor. Sekitar setengah meter sebelum dasar lubang bor, lumpur disirkulasikan agar dasar lubang menjadi bersih. Kemudian bola dijatuhkan kedalam pipa bor, agar pada sirkulasi berikutnya lumpur keluar lewat lubang samping pada junk basket. Lumpur sekarang akan mengalir kedalam junk basket kembali sambil membawa ikan yang dimaksud.



Gambar : Fishing Magnet & Junk Basket



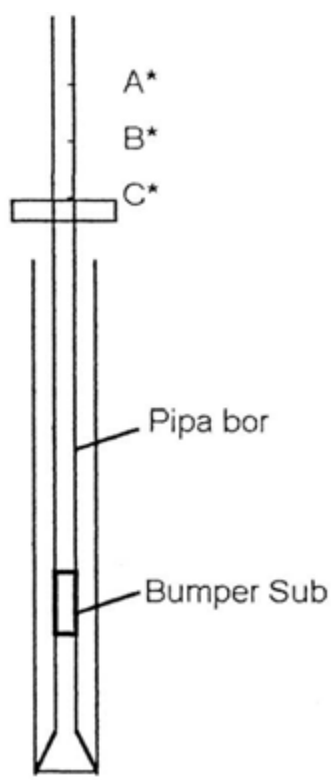
Gambar : Tubing & Casing Spear

2.3.11 Fishing Bumper Sub

Didalam bumper sub mandrel terdapat piston yang akan memukul ujung atas dari body. Bagian dalam body mempunyai lubang berbentuk segi enam pula yang sesuai dengan bentuk mandrel. Body ini merupakan bagian yang menyatu dengan ikan, dari pada bagian atasnya terdapat top sub, bagian yang akan dipukul oleh piston. Ada pula *Drilling Bumper Sub* atau *Lubricated Bumper Sub*, ini agak berbeda dari Fishing Bumper Sub bahwa diatas piston terdapat minyak pelumas.

Bumper sub dapat dipakai untuk memukul kebawah maupun keatas, dengan memanfaatkan sifat elastisitas dari pada pipa bor. Pukulan ini akan lebih efektif bila jarak dari bumper sub sampai ke permukaan cukup jauh.

Operasi pemukulan dengan bumper sub sebagai berikut :



- Turunkan pipa bor sampai bumper sub dalam keadaan sekedar tertutup. Beri tanda A* pada pipa bor didepan meja putar.
- Pipa ditarik keatas dengan Travefling Block, sampai piston menyentuh top sub. Tahan pipa dengan brake. Beri tanda B* pada pipa bor tepat didepan meja putar. Jarak A* - B* adalah panjang langkah (*stroke*) dari bumper sub.
- Tarik lagi pipa bor, dengan tambahan tarikan (*overpull*) sehingga pipa bor memanjang. Tahan pipa bor dengan brake. Beri tanda C* pada pipa bor didepan meja putar.

  Jarak B*-C* adalah pemanjangan karena ditarik (stretch).

  Sebagai contoh : Stroke L1 = 18”

  Stretch L2 = 20”

  Jumlah = 38”

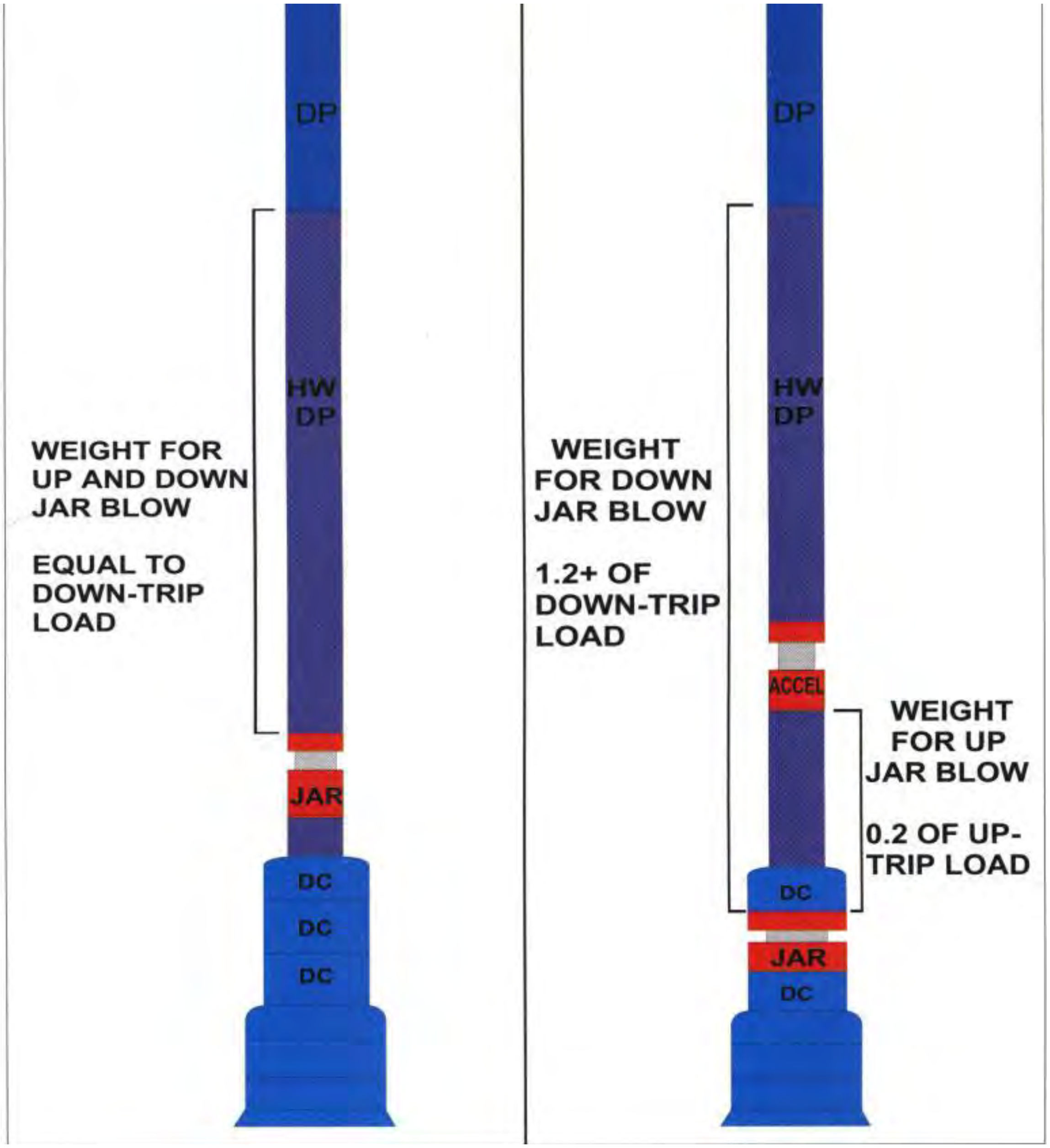
Gambar : Operasi Bumper Sub

Untuk memberikan pukulan kebawah, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Jatuhkan pipa bor secara jatuh bebas dengan jalan melepas brake.
  Tetapi cara ini jelas tidak baik, karena pipa bor dapat rusak, bengkok.
- Jatuhkan pipa bor dengan melepas brake, tetapi segera brake ditekan kembali dengan cepat, setelah titik A* berada 6” diatas meja putar.

2.3.12 Jar

Jar adalah alat kusus untuk memberikan pukulan keatas. Jar dipasang diatas alat pancing. Untuk pengaman, diatas alat pancing sering masih dipasang safety joint, karena adakalanya alat pancing tidak dapat dilepas padahal ikannya juga belum bisa dilepas. Diatas jar juga dipasang beberapa batang drill collar untuk memberi massa atau pemberat. Ada kemiripan antara jar dengan bumper sub, bahwa jar juga terdiri dari dua bagian, ialah bagian body dan bagian mandrel. Pada saat pipa bor ditarik keatas, yang berarti juga bahwa mandrel ditarik, tetapi piston tidak dapat segera bergerak karena ditahan oleh sesuatu mekanisme. Karena pipa bor terus ditarik keatas, bahkan sudah memanjang dengan pemanjangan tertentu, maka pada suatu saat piston dapat lepas dari pegangannya. Pipa bor akan berusaha kembali pada panjang semula, dan piston akan seperti melompat keatas, dan memberi pukulan kepada top sub, yang berarti pula memukul ikan keatas.

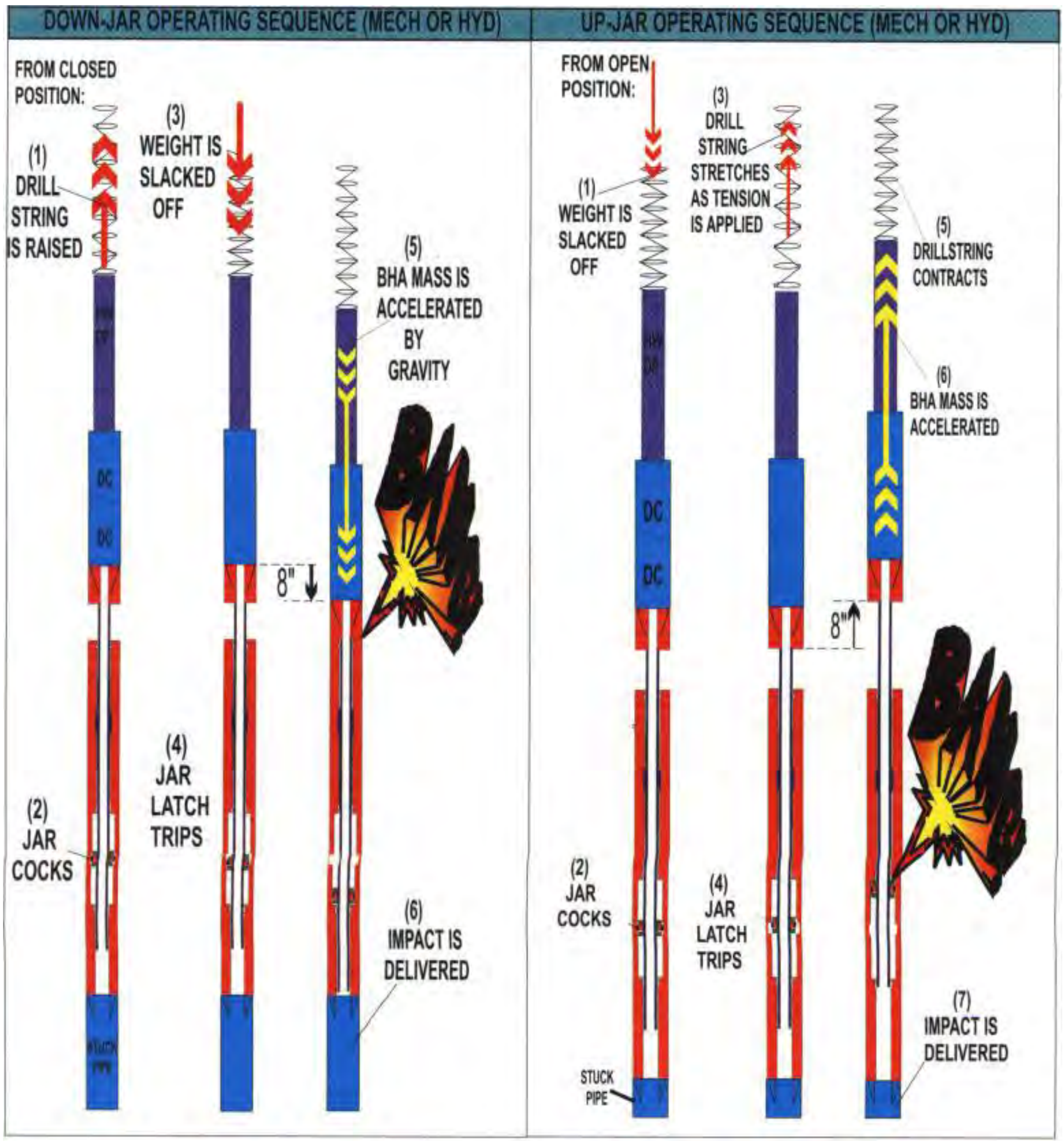


Gambar : Jar Assembly

2.3.13 Mechanical Rotary Jar

Pada mechanical rotary jar, piston ditahan oleh sistem penahan berbentuk slip. Slip ini dapat diatur agar menjadi longgar atau agar sempit, dengan bantuan suatu cincin, untuk mengatur berapa kekuatan tarikan untuk dapat melepas piston. Pengaturan slip

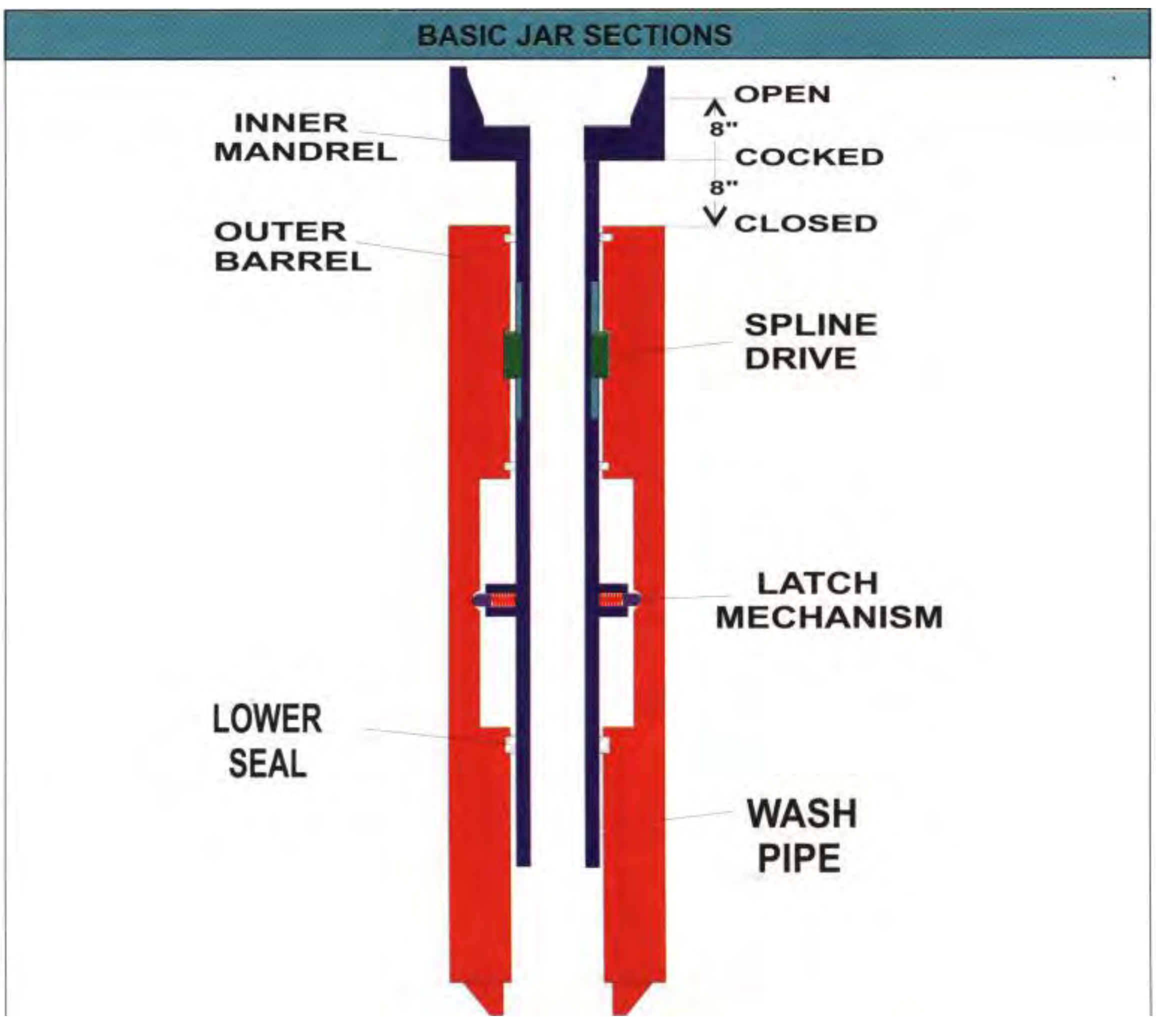
ini dilakukan dipermukaan, dan dapat diuji dengan tarikan sebenarnya, dengan alat yang disebut *Jar Tester*. Jadi kalau jar sudah disetel misalnya dengan kekuatan tarikan 5 ton, maka piston baru akan lepas bila tarikan pada mandrel sudah sebesar 5 ton.



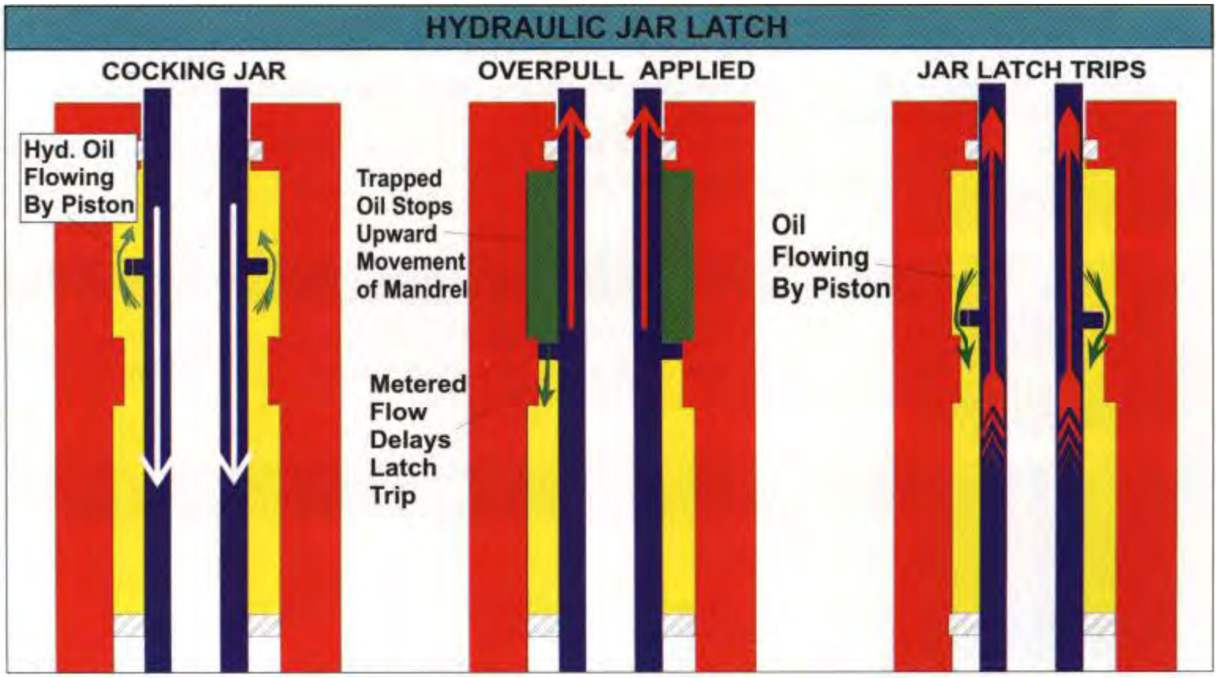
Gambar : Mechanical & Hydraulic Jar

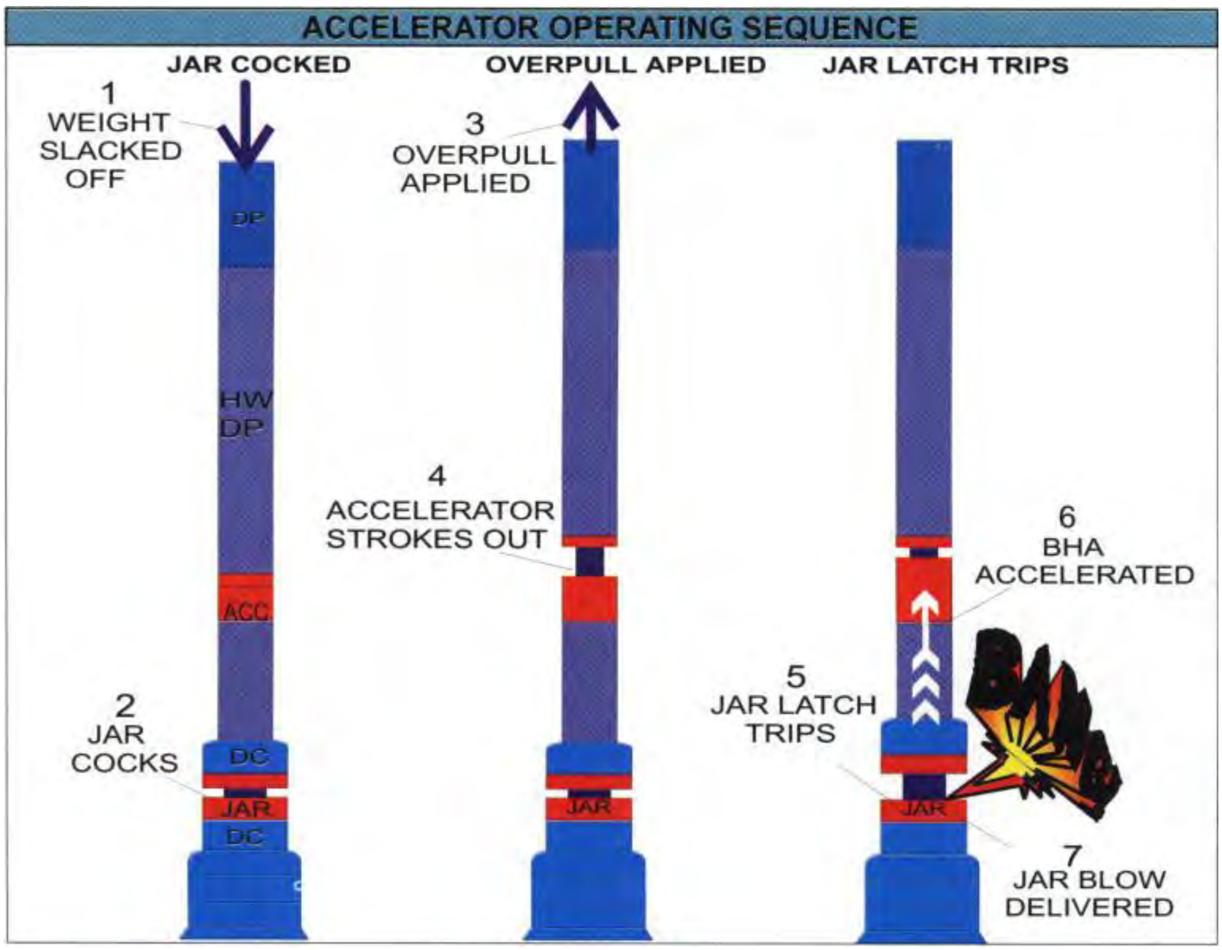
2.3.14 Hydraulic Jar

Hydraulic jar memakai sistim hidrolik untuk menahan piston. Piston ini dapat dialiri minyak hidrolik secara perlahan dari atas, tetapi dapat dialiri dengan mudah dari bawah. Pada bagian bawah body jar mempunyai diameter yang sempit, hanya dapat dilewati piston. Sebagian lagi diatasnya, diameter dalam body membesar, sehingga minyak dapat lewat dengan bebas, dan juga piston dapat bergerak dengan bebas. Pada saat pipa bor ditarik maka piston yang berada diujung bawah bergerak keatas dengan sangat pelan. Namun suatu saat piston akan sampai pada bagian body yang melebar, dan piston dapat bebas bergerak keatas seperti melompat, dan memukul top sub dari jar. Makin besar tarikan (overpull) pipa bor akan makin cepat dan makin kuat pukulannya. Pukulan dapat diulang berkali-kali bila belum berhasil.



Gambar : Bagian-bagian Jar

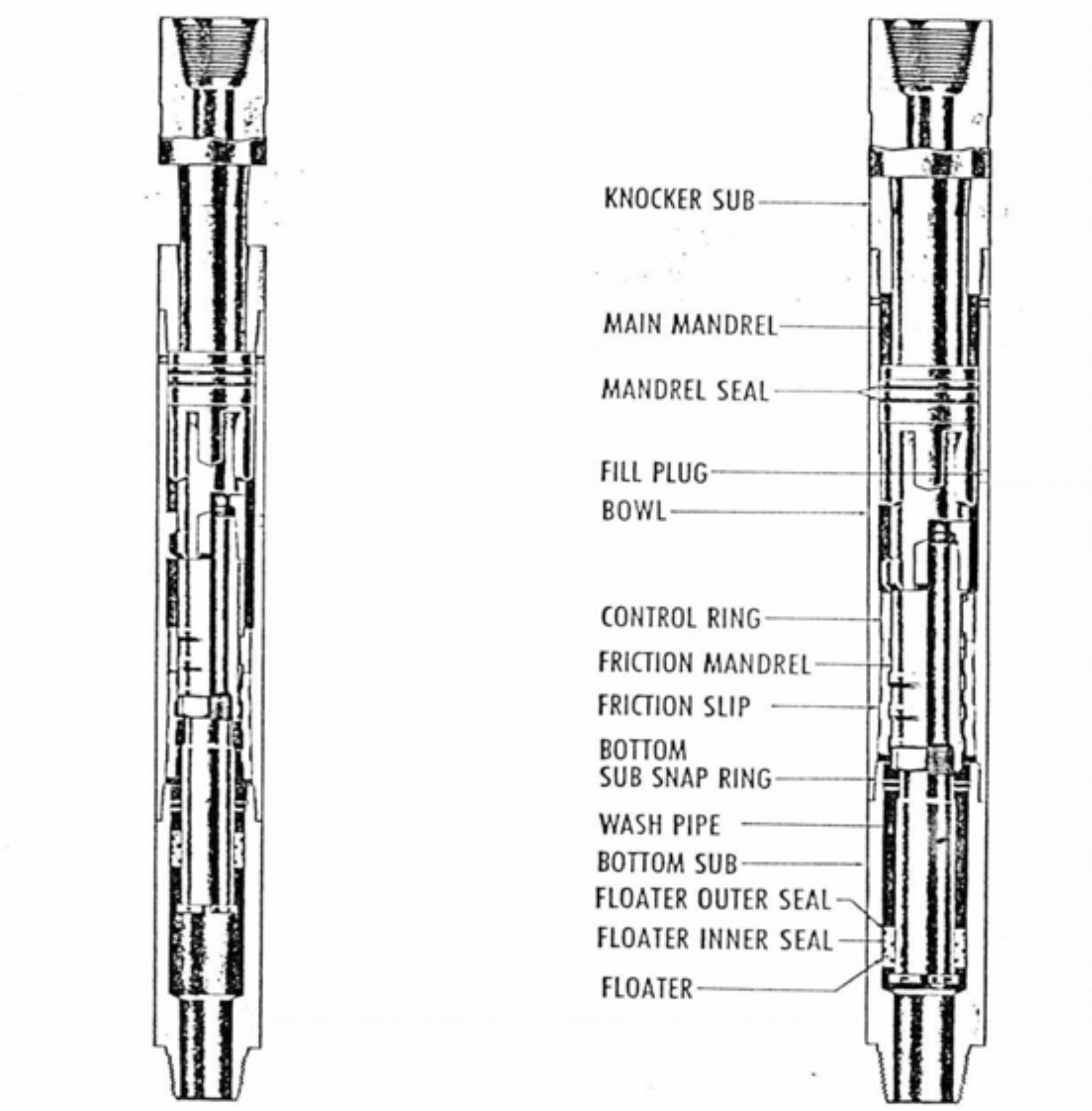

HYDRAULIC JAR LATCH
COCKING JAR
OVERPULL APPLIED
JAR LATCH TRIPS
Hyd. Oil Flowing By Piston
Trapped Oil Stops Upward Movement of Mandrel
Metered Flow Delays Latch Trip
Oil Flowing By Piston


ACCELERATOR OPERATING SEQUENCE
JAR COCKED
OVERPULL APPLIED
JAR LATCH TRIPS
1 WEIGHT SLACKED OFF
DP
HW DP
ACC
2 JAR COCKS
DC
JAR
DC
3 OVERPULL APPLIED
4 ACCELERATOR STROKES OUT
JAR
6 BHA ACCELERATED
5 JAR LATCH TRIPS
JAR
7 JAR BLOW DELIVERED

Gambar : Prinsip Kerja Jar

2.3.15 Surface Jar

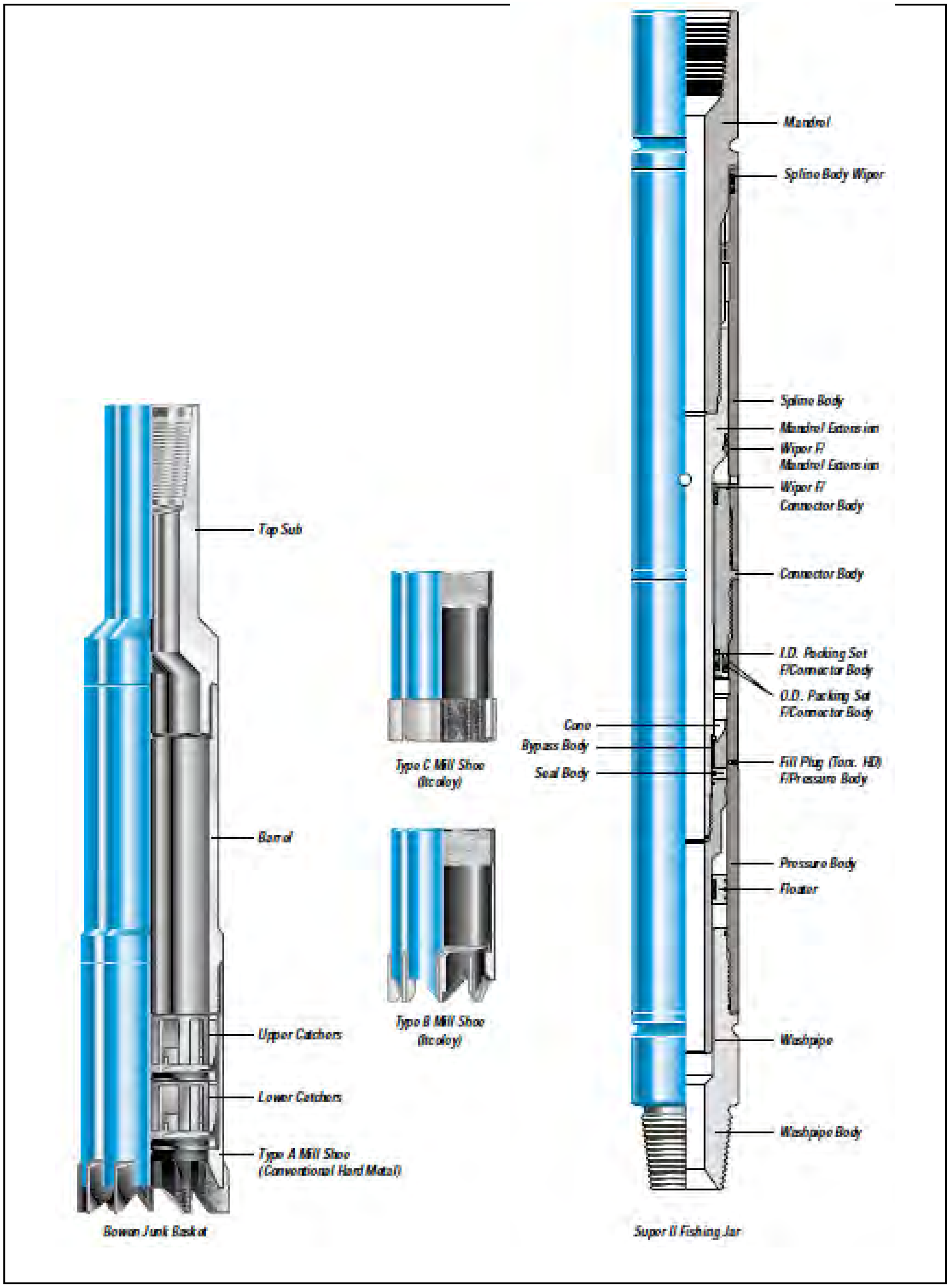
Dalam pemboran adakalanya pipa bor terjepit didalam *key seat*. Untuk melepaskan pipa bor tesebut perlu diberikan pukulan ringan kebawah. Hal ini dapat dilakukan dengan memakai *Surface Jar*. Dari segi konstruksinya, surface jar ini mirip dengan mechanical jar tetapi dibalik. Surface jar dipasang dipermukaan, diatas meja putar. Kekuatan pukulan agar diatur dari kecil, bila belum berhasil dapat diperbesar, namun jangan lebih dari berat pipa diatas jepitan.



SEALED TYPE J BOWEN ROTARY JAR
OPEN POSITION

SEALED TYPE J BOWEN ROTARY JAR
CLOSED POSITION

Gambar : Rotary Jar, open & closed position

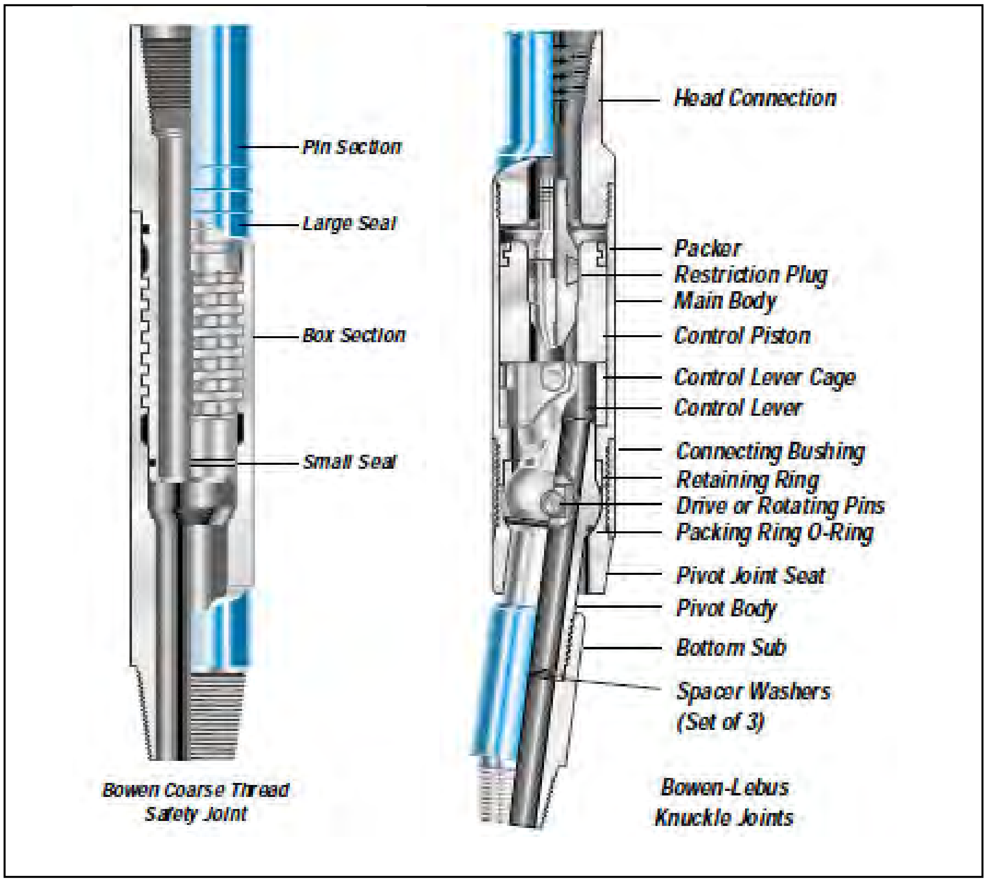


Gambar : Junk Basket & Fishing Jar

2.3.16 Safety Joint

Alam pemancingan adakalanya ikan sudah tergigit dengan baik, tetapi tidak dapat

terlepas. Dalam hal demikian, alat pancing (overshot atau spear) seharusnya dapat dilepas, dengan jalan menghentakkan kebawah, namun seringkali juga gagal. Kalau usah melepaskan alat pancing tidak berhasil, usaha terakhir adalah membuka safety joint. Ini berarti ikan tidak dapat diambil, dan alat pancing ikut tertinggal dalam lubang bor. Untuk melepas sambungan pada safety joint perlu diusahakan agar posisi safety joint tersebut adalah pada titik netral, artinya tidak dalam posisi tank (tension) ataupun tekan (compression). Tindakan selanjutnya adalah dengan meneruskan pemboran kesamping (*sidetrack*) atau sumur disumbat dan ditinggalkan (*abandon*). Ada beberapa macam safety joint, yang pada dasarnya adalah penyambung pipa dengan ulir yang kasar, mudah dibuka.



Gambar : Safety Joints & Knuckle Joints

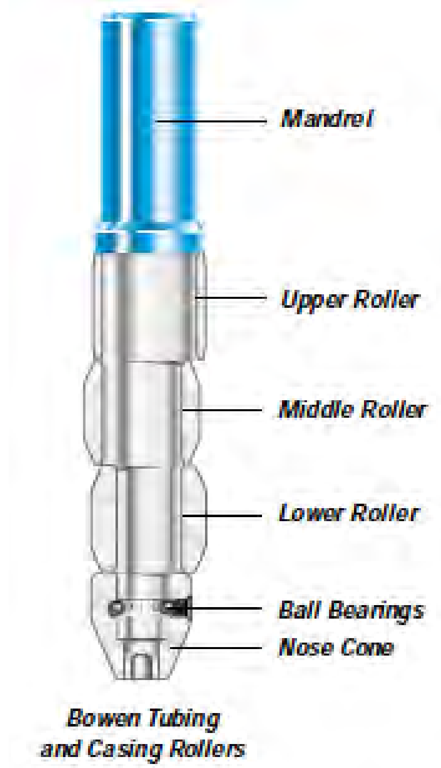
2.3.17 Knuckle Joint

Adakalanya pipa bor patah, dan pipa bersandar pada dinding lubang bor. Bisa jadi ukuran pipa bor terlalu kecil misalnya 4 ½" didalam lubang bor yang besar misalnya 12 ¼ sehingga ikan sukar ditangkap. Dalam hal ini pada ujung overshot dapat dipasang kait (*wall hook, oversize guide*). Bisa jadi pipa bor bersandar pada bagian dinding lubang bor yang membesar karena runtuh. Dalam hal ini pemakaian kait saja tidak cukup, tetapi terpaksa dipasang alat untuk membengkokkan rangkaian alat pancing, ialah knuckle joint. Knuckle joint ini diaktifkan dengan jalan memberi tekanan pada lumpur.

2.3.18 Casing Roller

Pada sumur lama adakalanya casing yang tidak disemen mengalami perubahan bentuk, ialah gepeng ("kempot", *collapse*). Casing ini harus dikembalikan ke bentuk semula dengan bantuan casing roller. Kemudian casing dipotong dibawah tempat yang rusak tersebut.

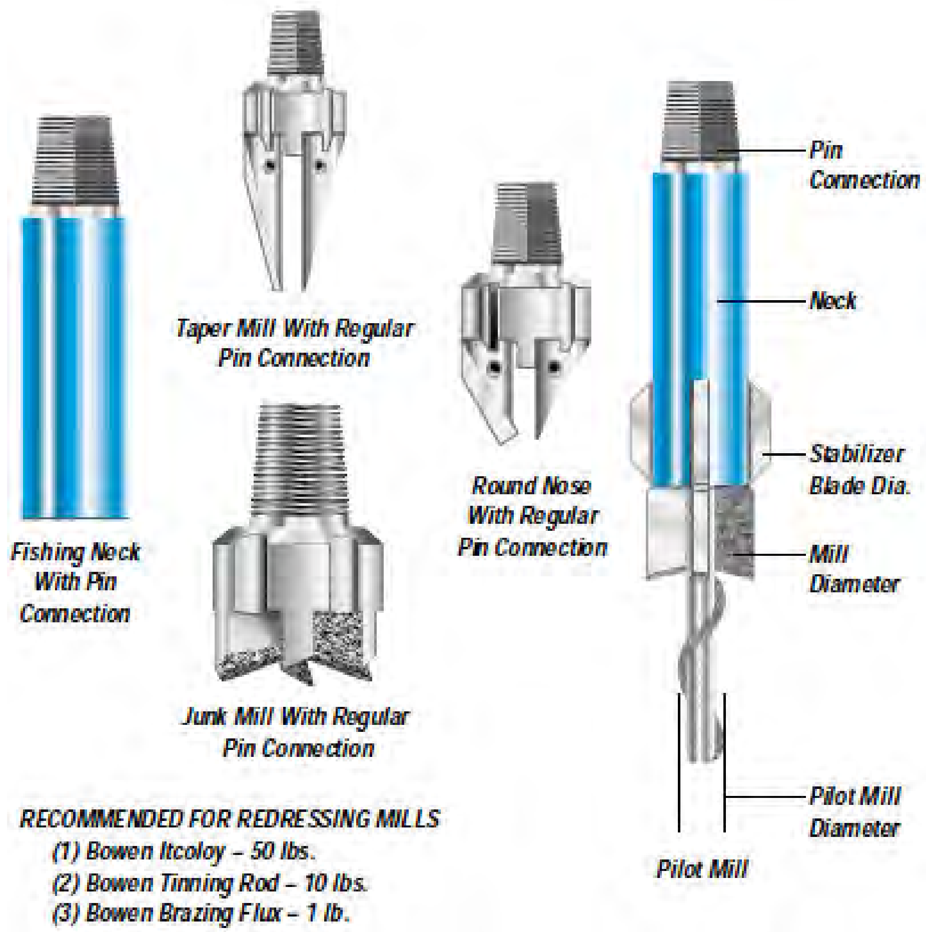
Casing roller mempunyai sejumlah roda yang dapat berputar bebas pada sumbunya. Bila casing roller ditekan dan diputar didalam casing yang akan diperbaiki, maka roller akan mendesak dinding casing untuk kembali ke bentuk semula. Casing yang rusak dikeluarkan, kemudian casing yang baik dimasukkan kembali kedalam sumur dan disambung kembali dengan bantuan alat penyambung kusus, ialah *Casing Patch*. Casing patch ini bentuknya mirip seperti overshot, dan seolah-olah akan menangkap casing. Setelah casing patch duduk diatas casing, maka casing yang berada didalam sumur ditarik dengan spear, kemudian dilepaskan kembali. Dengan demikian casing patch sudah menyambung dengan baik. Untuk pengamanannya, maka casing dibawah casing patch diperforasi, kemudian dilalukan *squeeze cementing* untuk memperkuat sambungan agar tidak bocor. Penyambungan casing dengan casing patch ini sering dipakai untuk menyambung casing yang bocor di sumur lama, atau pada penyemenan sumur pada pemboran dilepas pantai.



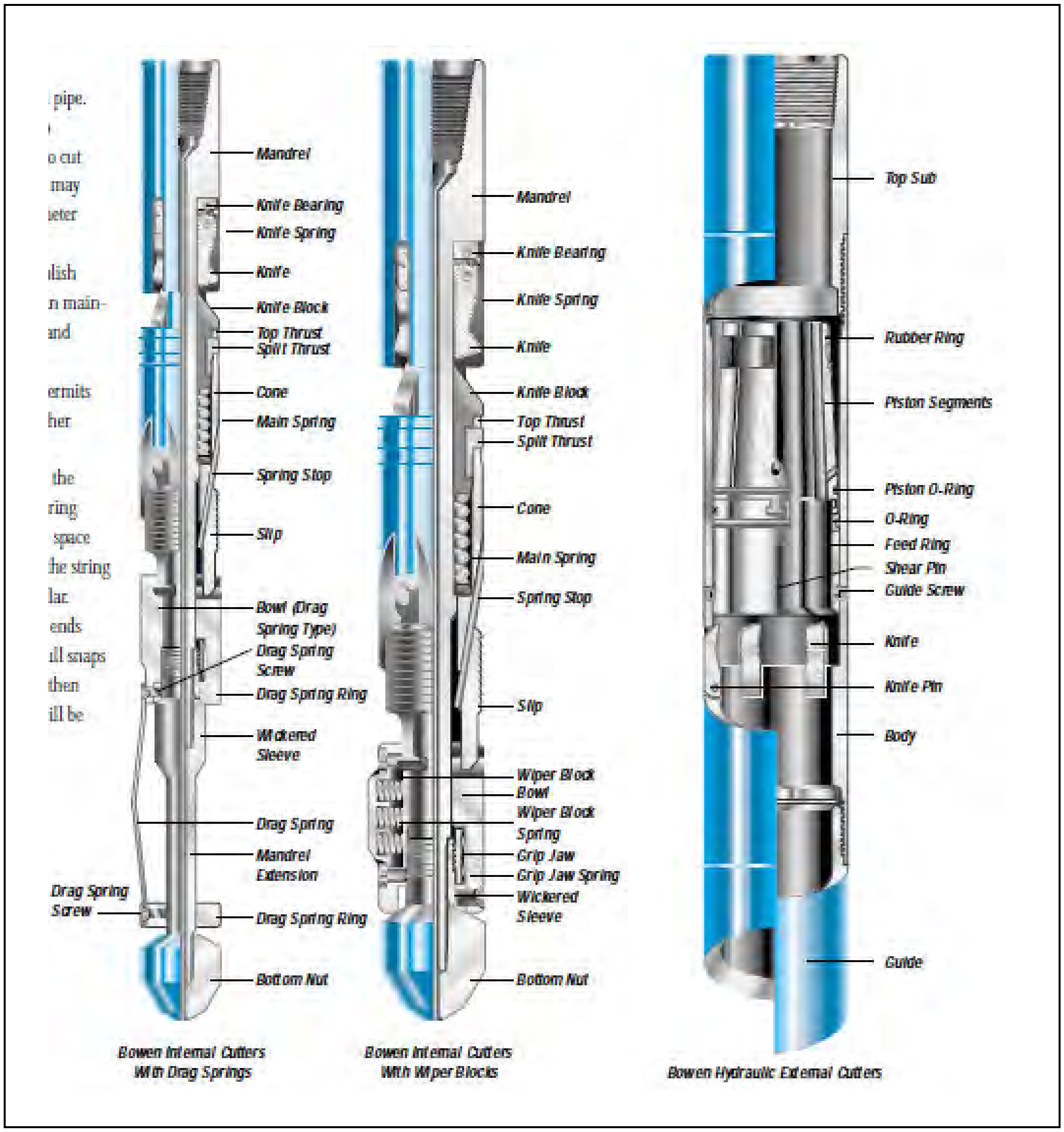
Gambar : Casing Rollers

2.3.19 Milling Tool

Adakalanya pipa yang akan dipancing ujungnya tidak rata, sehingga harus diratakan dulu sebelum bisa masuk kedalam alat pancing. Ada beberapa jenis milling tools sesuai dengan bentuk dan jenis ikannya. Pada bagian bawah overshot sudah dilengkapi dengan milling tool. Pipa yang terjepit, setelah dipotong harus dibersihkan dulu sekelilingnya, dengan pemboran kurung (*wash over*). Pada ujung bawah wash over shoe perlu dilengkapi dengan milling tool.



Gambar : Milling Tools

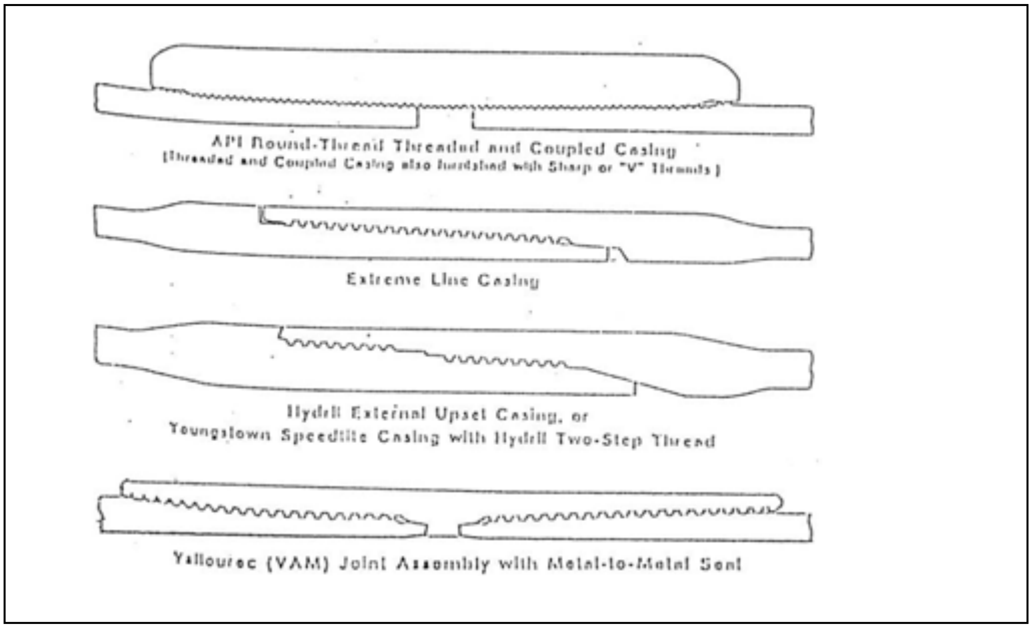


Gambar : Internal & External Cutter

2.3.20 Wash Pipe

Pipa bor yang terjepit dan tidak bisa dilepaskan, terpaksa dipotong atau dilepas sambungannya. Sekeliling jepitan perlu dibor keliling. Susunan rangkaian adalah bagian bawah terdiri dari *wash pipe* dan *wash over shoe*. Wash over shoe berfungsi sebagai pengganti pahat. Untuk wash pipe dipakai casing dengan ulir yang mempunyai bahu, agar dapat diputar sebagai kelanjutan dari pipa bor. Panjangnya

disarankan tidak lebih 100 meter, agar tidak terjepit. Ulir yang dipakai dapat API Extreme Line, atau Hydril Two-Step Thread and Coupling.



Gambar : API Extreme Line Thread dan Hydril Two-Step Thread

6.8 Cara Pemancingan

Ada banyak dari bermacam-macam kegiatan yang termasuk dalam kegiatan pemancingan.

Penerapan dari jenis-jenis tadi tergantung dari kebutuhan dan kondisi sumurnya.

2.3.21 Sirkulasi

Sirkulasi dapat dipakai sebagai cara untuk mengetahui atau memperkirakan sebab terjadinya jepitan. Sebetulnya jepitan tidak akan terjadi secara tiba-tiba, tetapi tentu ada gejala sebelumnya. Dan gejala ini dapat diduga apa penyebab jepitan tersebut. Namun bila penyebab belum diketahui, dapat diteliti dengan melakukan sirkulasi.

Ada beberapa kemungkinan hasil dari pengamatan sirkulasi tersebut :

- Sirkulasi tidak bisa, atau bisa tetapi dengan tekanan yang sangat tinggi. Disini jelas bahwa jepitan terjadi karena dinding lubang bor runtuh.
- Sirkulasi bisa dilaksanakan, tetapi tekanan pompa tinggi, ini berarti bahwa dinding

lubantg bor runtuh.

- Sirkulasi normal. Disini perlu dilihat, apakah pemboran tegak atau miring berarah ? Bila sumur tegak, berarti terjadi differential pressure sticking.
- Sirkulasi normal, pemboran miring. Disini perlu dilihat, kapan terjadi jepitan. Bila jepitan terjadi secara tiba-tiba, yang umumnya setelah pipa dalam keadaan berhenti misalnya setelah penyambungan, berarti terjadi differential pressure sticking.
- Sirkulasi normal, pemboran berarah, dan jepitan terjadi saat mencabut pipa dan terjadi secara bertahap, maka kemungkinan jepitan terjadi karena *key seat*.

2.3.22 Sirkulasi intensif

Banyak jepitan terjadi karena keadaan lubang bor yang kurang bersih, atau lumpur yang kurang sesuai sifatnya. Bila dugaan jepitan karena hal ini, maka dapat diusahakan melepas jepitan dengan sirkulasi yang intensif. Disini tercakup pengertian seperti :

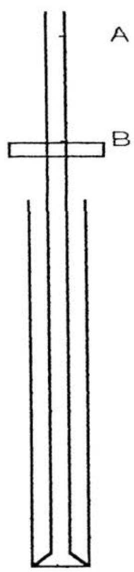
- Kapasitas pompa perlu diperbesar, untuk mengangkut serbuk bor keluar dari dalam lubang bor.
- Air filtrasi perlu dikurangi, untuk mengurangi runtuhnya dinding lubang bor atau penetrasi air filtrasi kedalam formasi. Hal ini dapat dilaksanakan dengan penambahan berbagai jenis pengencer (*thinner*).
- Berat lumpur (*Mud Weight*) perlu diperiksa. Bila jepitan terjadi karena dinding lubang bor runtuh, yang salah satu penyebabnya mungkin karena lumpur kurang berat, maka berat lumpur perlu dinaikkan, misalnya dengan penambahan barit. Bila jepitan terjadi karena differential pressure sticking, maka berat lumpur justru harus dikurangi.
- Kekentalan lumpur atau viskositas umumnya dikehendaki rendah agar sirkulasi dapat lancar dengan tekanan yang tidak terlalu tinggi.
- Penambahan bahan pelumas kedalam lumpur sangat membantu.

6.9 Titik jepit

Bila pipa terjepit, perlu diketahui pada kedalaman berapa pipa terjepit, untuk mengetahui cara bagaimana untuk melepaskan jepitan. Ada beberapa cara untuk mengetahui titik jepit.

2.3.23 Metode tarikan (*Stretch Method*)

Cara mengetahui titik jepit dengan metode tarikan ini memanfaatkan sifat elastisitas dari bahan baja. Bila pipa baja ditarik maka akan memanjang, dan sesuai Hukum Hook sebagai berikut :



$$l = \frac{P \times L}{E \times A}$$

dimana : P - tarikan (overpull)

L - panjang pipa

E - Modulus Elastisitas baja, 30×10^6 psi

Bila satuan disesuaikan, rumus ini bisa diubah menjadi :

$$L = \frac{735294 \times W \times l}{P}$$

dimana : L - Panjang pipa yang bebas, ft

w - Berat pipa, lbs / ft

l - pemanjangan (stretch), ins

P -Tarikan (overpull),lbs

Pelaksanaan perhitungan panjang pipa ini dilakukan sebagai berikut :

- Pipa diangkat dan diturunkan dulu dengan block beberapa kali agar lepas, kalau bisa.
- Pipa diangkat dulu dengan block agar seluruh pipa dalam keadaan tegang

(tension).

- Catat berapa beban pada Weight Indicator, misalnya Gl

2.3.24 Free Point Indicator

Cara lain yang banyak dipakai untuk mengetahui titik jepit adalah dengan memakai alat Free Point Indicator. Alat ini diturunkan dengan kabel. Dibawah sensor dipasang pemberat sehingga alat selalu pada posisi paling bawah. Dibawah dan diatas sensor dipasang centralizer sehingga sensor selalu melekat pada pipa bor. Sekarang bila pipa bor ditarik, dan sensor berada pada bagian pipa bor yang bebas, maka sensor akan menunjukkan gejala pemanjangan pipa. Namun bila sensor berada pada bagian pipa bor yang terjepit, maka meskipun pipa bor ditarik, tidak akan terjadi reaksi apa-apa pada sensor. Dengan percobaan berulang-ulang pada kedalaman sensor yang berbeda, dapat diketahui pada kedalaman mana pipa bor terjepit. Penentuan titik jepit dengan cara ini lebih teliti dari pada cara mekanis, metode tarikan.

6.10 Perendaman

Salah satu usaha yang dapat ditempuh untuk membebaskan pipa dari jepitan adalah dengan cara merendam daerah jepitan (*spotting*). Salah satu bahan yang banyak dipakai adalah minyak solar, sebagai pelumas. Namun sekarang banyak dipakai bahan yang lain, ialah bahan kimia untuk mengurangi tegangan permukaan pada cairan *Surface Active Agent* (*Surfactant*). Banyak surfactant beredar di pasaran dengan nama dagang yang berbeda.

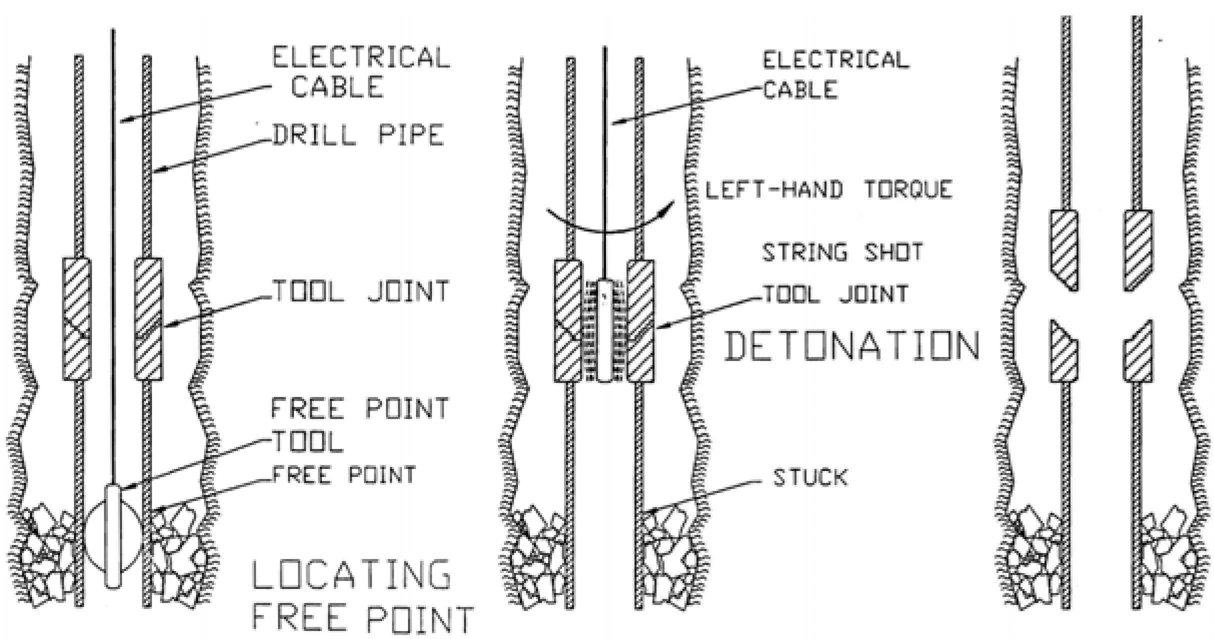
Perhitungan dan operasi perendaman sebagai berikut :

- Volume yang perlu disiapkan sebesar volume anulus di tempat jepitan.
- Surfactant dipompakan kedalam pipa bor, dan naik di anulus sampai mencapai tempat jepitan, kemudian ditunggu.
- Pipa diangkat dan diturunkan berkali-kali, sambil dicoba diputar. Sementara cairan dipompakan sedikit demi sedikit keatas.
- Perendaman sekali mungkin belum berhasil, dapat diulangi lagi.

6.11 Melepas sambungan pipa

Bila pipa bor terjepit, dan sudah diketahui titik jepitnya, salah satu usaha yang dapat dilaksanakan adalah melepas sambungan (back-off), dan disarankan satu atau dua batang diatas titik jepit. Melepas sambungan dapat dengan cara mekanik, memutar kekiri (*back-off*), atau dengan peledakan (*back-off shot*).

Sebelum melepas sambungan pipa, maka semua ikatan pipa harus dikeraskan dulu, dengan jalan memberi torsi kekanan sambil mengangkat dan menurunkan pipa bor. Kemudian sebelum sambungan dilepas, diusahakan agar tempat yang akan dilepas dalam keadaan netral, tanpa beban. Baru sekarang pipa bor diputar kekiri sampai sambungan lepas, dan diharapkan sambungan lepas pada tempat netral tersebut. Bila akan melepas sambungan pipa bor dengan peledakan, maka setelah pipa diangkat untuk memperoleh titik netral, kemudian diturunkan bahan peledak ringan sampai berada pada tempat yang akan dilepas, dan pipa bor diberi torsi kekiri. Maka bila bahan peledak diledakkan, pipa bor akan lepas pada titik netral tersebut.

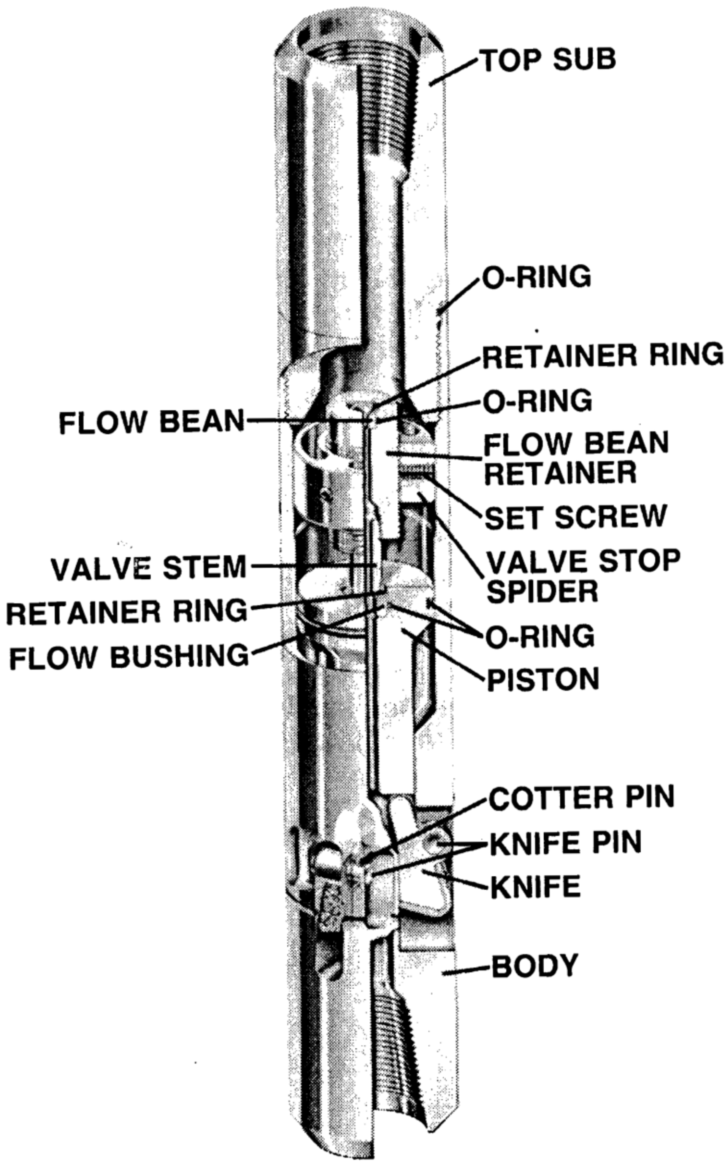


Gambar : Prosedur Melepas Pipa Bor

6.12 Memotong pipa

Setelah pipa bor dilepas maka dapat diadakan pemboran kurung disekeliling pipa yang terjepit. Bila pipa terlalu panjang dapat dipotong dulu dengan External Cutter, baru dicabut.

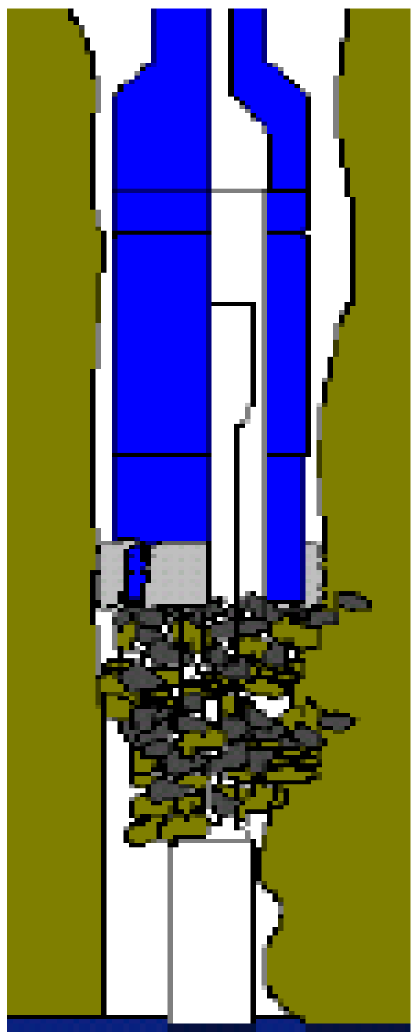
Bila yang terjepit atau ingin dipotong adalah pipa casing, maka dipakai *Internal Cutter*.



Gambar : Mechanical Cutters

6.13 Pemboran keliling

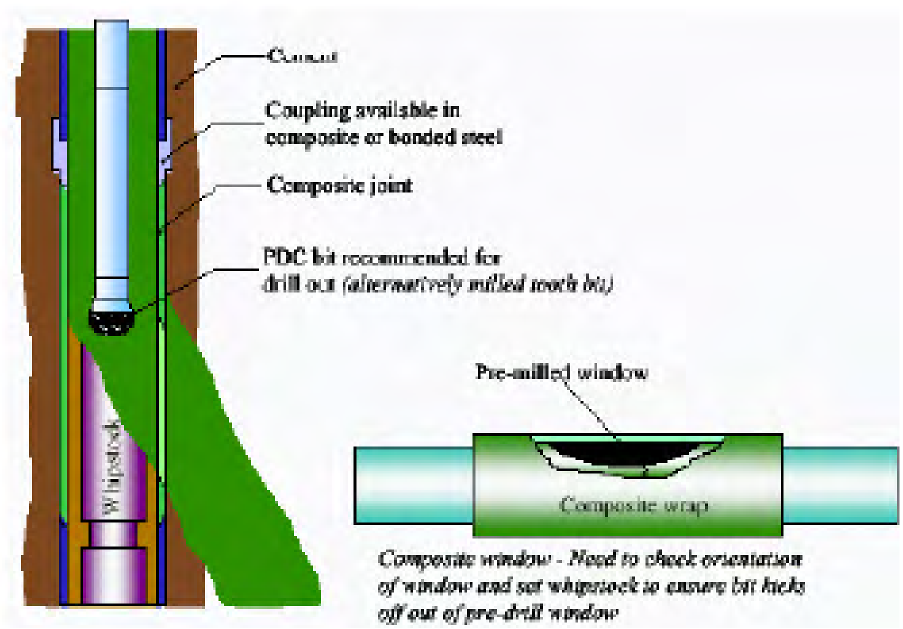
Apabila pipa terjepit, dengan perendaman tidak bisa dibebaskan, maka terpaksa dipotong atau dilepas sambungannya. Tindakan selanjutnya adalah membebaskan jepitan dengan pemboran keliling pipa (*wash over*). Susunan rangkaian dari bawah keatas adalah wash over shoe, wash pipe, safety joint, jar, drill collar dan drill pipe. Setelah jepitan dibebaskan, barulah pipa dipancing dengan overshot.



Gambar : Pemboran Keliling

6.14 Pemboran kesamping

Adakalanya usaha untuk melepaskan pipa tidak berhasil. Berarti pipa bor masih ada sebagian didalam lubang bor. Mungkin keputusannya adalah akan meneruskan pemboran tersebut. Dalam hal ini, ikan harus disemen dulu. Kemudian diturunkan rangkaian pipa bor dengan whipstock, agar lubang dapat membelok kesamping. Pekerjaan ini disebut sidetracking. Ada pula kemungkinan sumur disemen dan ditinggalkan (abandon).



Gambar : Pemboran Kesamping

6.15 Pemancingan

Diatas telah dibicarakan beberapa kegiatan yang berkaitan dengan pekerjaan pemancingan. Tentu saja tidak semua kegiatan tersebut dilakukan, tetapi dipilih sesuai dengan kepenruannya. Urutan pekerjaan yang dipilih adalah yang paling memberikan harapan dan dengan biaya dan risiko yang paling rendah.

Bila pipa terjepit dan kurang jelas sebabnya, bisa diteliti dengan jalan sirkulasi.

Setelah diketahui sebabnya misalnya karena dinding lubang bor runtuh, cara yang paling mudah adalah sirkulasi secara intensif. Bila tidak berhasil, baru dicari titik jepit, kemudian dilakukan perendaman. Bila perendaman tidak membawa hasil, terpaksa pipa dilepas sambungannya, kemudian dilakukan pemboran keliling, dan baru dipancing. Bila pemancingan tidak berhasil juga, terpaksa pemboran diteruskan kesamping atau sumur ditinggalkan.

Bila pipa terjepit karena differential pressure sticking, usaha pertama adalah sirkulasi intensif. Pipa biasanya terjepit disekitar drill collar. Bila tidak berhasil, maka usaha berikutnya adalah perendaman. Pipa diusahakan dapat dilepaskan dari jepitan dengan jalan perendaman. Pemboran keliling disekitar drill collar sering sulit karena ruang annulus yang terlalu sempit. Secara singkat, usaha melepaskan jepitan dapat dibuatkan ringkasan pembebasan jepitan.

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

DAFTAR PUSTAKA

1. Ahmad Mudhofir, “Hole Problem dan Pemancingan”, Diklat Advanced Drilling, Pusdiklat Migas, Cepu, 2005
2. BP Amoco, Technology and Training, Commitment to Drilling Excellence, Fourth Edition,1996, 1998
3. Hussain Rabia, Well Engineering & Contruction, 2000
4. Dr. Bill Mitchell, Oilwell Drilling Engineering Handbook 12299 West New Mexico Place Lakewood, CO 80228, USA.,10th Edition, 1st Revision, July 1995
5. Petex, “The Rotary Rig And Its Components”, University Texas Austin, USA, 1976
6. Well Control Manual, Pusdiklat Migas, 2006
7. ……………., “Fishing Tools”, National Oil Well, 2008